



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105445771 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 30

(21) 申请号 201510778663. 0

(22) 申请日 2015. 11. 13

(71) 申请人 上海华测导航技术股份有限公司
地址 201702 上海市青浦区徐泾镇高泾路
599 号 C 座 2 层

(72) 发明人 党相振 高占武 汪剑 杨洋
吴彬

(51) Int. Cl.
G01S 19/44(2010. 01)

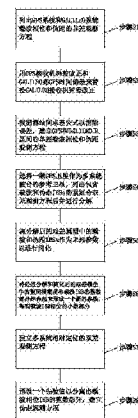
权利要求书3页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种单频 RTK 融合测试分析方法

(57) 摘要

本发明提供了一种单频 RTK 融合测试分析方法,包括如下步骤:列出 GPS 系统和 GALILEO 系统载波相位和伪距的非差观测方程;用 GPS 接收机钟差改正和 GALILEO 到 GPS 时间偏差来替换 GALILEO 接收机钟差改正;根据测站间求差公式以消除误差,建立 GPS 和 GALILEO 卫星间的单差载波相位和伪距观测方程;选择参考卫星,列出包含载波和伪距 IBSs 的紧组合双差观测方程后进行分解;将分解后的双差模型中的载波和伪距 IBSs 作为未知参数以进行简化;将整周模糊度和载波 ISB 的整数部分结合起来形成一个新的参数,得到载波 ISB 相位的小数部分;建立多系统相对定位的双差观测方程;预设一个先验值以分离出载波相位 ISB 的整数部分,建立伪距观测方程。本发明提高了精密相对定位的精确性、可靠性和有效性。



1. 一种单频RTK融合测试分析方法,其特征在于,包括如下步骤:

列出GPS系统和GALILEO系统载波相位和伪距的非差观测方程;

用GPS接收机钟差改正和GALILEO到GPS时间偏差来替换GALILEO接收机钟差改正;

根据测站间求差公式以消除误差,建立GPS和GALILEO卫星间的单差载波相位和伪距观测方程;

选择一颗GPS卫星作为多系统融合的参考卫星,列出包含载波和伪距IBSs的紧组合双差观测方程后并进行分解;

将分解后的双差模型中的载波和伪距IBSs作为未知参数以进行简化;

将经过分解和简化后的双差模型中的整周模糊度和载波ISB的整数部分结合起来形成一个新的参数,得到载波ISB相位的小数部分;

建立多系统相对定位的双差观测方程;

预设一个先验值以分离出载波相位ISB的整数部分,建立伪距观测方程。

2. 如权利要求1所述的单频RTK融合测试分析方法,其特征在于,列出GPS系统和GALILEO系统载波相位和伪距的非差观测方程为:

$$\begin{aligned} \phi_k^G = & \rho_k^G + dt_k - dt^G + \delta_k^{(G)} - \delta^G + \lambda(\varphi_k - \varphi^G + N_k^G) \\ & + \epsilon_{k,\phi}^G \end{aligned} \quad \text{公式1;}$$

简化后,得到

$$P_k^G = \rho_k^G + dt_k - dt^G + d_k^{(G)} - d^G + \epsilon_{k,P}^G \quad \text{公式2;}$$

其中, ϕ_k^G 为载波相位非差观测值, ρ_k^G 为卫星与测站的几何距离, dt_k 为接收机钟差改正, dt^G 为卫星钟差改正, λ 为载波波长, φ_k 为接收机载波相位小数部分, φ^G 为卫星载波相位小数部分, $\delta_k^{(G)}$ 为接收机载波硬件延迟, δ^G 为卫星载波硬件延迟, N_k^G 为整周模糊度, $\epsilon_{k,\phi}^G$ 为载波相位噪声, P_k^G 为伪距观测值, $d_k^{(G)}$ 为接收机测距码硬件延迟, d^G 为卫星测距码硬件延迟, $\epsilon_{k,P}^G$ 为测距码噪声。

3. 如权利要求2所述的单频RTK融合测试分析方法,其特征在于,用GPS接收机钟差改正和GALILEO到GPS时间偏差来替换GALILEO接收机钟差改正的公式为:

$$\begin{aligned} \phi_k^E = & \rho_k^E + dt_k - d_{GGTO} - dt^E + \delta_k^{(E)} - \delta^E \\ & + \lambda(\varphi_k - \varphi^E + N_k^E) + \epsilon_{k,\phi}^E \end{aligned} \quad \text{公式3;}$$

简化后得到:

$$P_k^E = \rho_k^E + dt_k - d_{GGTO} - dt^E + d_k^{(E)} - d^E + \epsilon_{k,P}^E \quad \text{公式4;}$$

E为Galileo卫星定位系统, d_{GGTO} 为Galileo到GPS时间系统偏差。

4. 如权利要求3所述的单频RTK融合测试分析方法,其特征在于,根据测站间求差公式以消除误差,建立GPS和GALILEO卫星间的单差载波相位观测方程:

$$\phi_{kl}^G = \rho_{kl}^G + dt_{kl} + \delta_{kl}^{(G)} + \lambda(\varphi_{kl} + N_{kl}^G) + \epsilon_{kl,\phi}^G \quad \text{公式5,}$$

简化后得到：

$$P_{kl}^G = \rho_{kl}^G + dt_{kl} + d_{kl}^{(G)} + \epsilon_{kl,P}^G \quad \text{公式6；}$$

以及

建立GPS和GALILEO卫星间的单差伪距观测方程：

$$\phi_{kl}^E = \rho_{kl}^E + dt_{kl} + \delta_{kl}^{(E)} + \lambda(\varphi_{kl} + N_{kl}^E) + \epsilon_{kl,\phi}^E \quad \text{公式7，}$$

简化后得到：

$$P_{kl}^E = \rho_{kl}^E + dt_{kl} + d_{kl}^{(E)} + \epsilon_{kl,P}^E \quad \text{公式8；}$$

其中， ϕ_{kl}^G 为载波相位单差观测值， ρ_{kl}^G 为测站到接收机的单差几何距离， l 为测站接收机编号， dt_{kl} 为单差接收机钟差改正， ϕ_{kl} 为接收机载波相位单差小数部分， $\delta_{kl}^{(G)}$ 为接收机载波单差硬件延迟， N_{kl}^G 为整周模糊度单差， $\epsilon_{kl,\phi}^G$ 为载波相位单差噪声， P_{kl}^G 为单差伪距观测值， $d_{kl}^{(G)}$ 为接收机测距码单差硬件延迟， ϵ_{kl}^G 为测距码单差噪声。

5.如权利要求4所述的单频RTK融合测试分析方法，其特征在于，建立多系统相对定位的双差观测方程：

$$\phi_{kl}^{GE} = \rho_{kl}^{GE} + \lambda N_{kl}^{GE} + \delta_{kl}^{(G-E)} + \epsilon_{kl,\phi}^{GE} \quad \text{公式9；}$$

简化后得到：

$$P_{kl}^{GE} = \rho_{kl}^{GE} + d_{kl}^{(G-E)} + \epsilon_{kl,P}^{GE} \quad \text{公式10；}$$

其中， ϕ_{kl}^{GE} 为载波相位双差观测值， ρ_{kl}^{GE} 为双差几何距离， N_{kl}^{GE} 为双差整周模糊度， δ_{kl}^{G-E} 为载波相位内部系统延迟， P_{kl}^{GE} 为伪距双差观测值， d_{kl}^{G-E} 为测距码内部系统延迟， $\epsilon_{kl,\phi}^{GE}$ 为载波相位双差噪声， $\epsilon_{kl,P}^{GE}$ 为测距码双差噪声；

由于内部系统延迟来自于测试站不同接收机 k 和 l 之间的信号硬件延迟之差，对双差观测方程进行计算后得到：

$$\delta_{kl}^{(G-E)} = \delta_{kl}^{(G)} - \delta_{kl}^{(E)} = \delta_l^{(E)} - \delta_k^{(E)} - \delta_l^{(G)} + \delta_k^{(G)} \quad \text{公式11；}$$

简化后得到：

$$d_{kl}^{(G-E)} = d_{kl}^{(G)} - d_{kl}^{(E)} = d_l^{(E)} - d_k^{(E)} - d_l^{(G)} + d_k^{(G)} \quad \text{公式12。}$$

6.如权利要求5所述的单频RTK融合测试分析方法，其特征在于，将分解后的双差模型中的载波和伪距IBSs作为未知参数，对公式12进行简化：

$$\delta_{kl}^{(G-E)} = \bar{\delta}_{kl}^{(G-E)} + \lambda M_{kl}^{GE} \quad \text{公式13；}$$

$\bar{\delta}_{kl}^{(G-E)}$ 为载波ISB的小数部分， M_{kl}^{GE} 为载波ISB的整数部分。

7.如权利要求6所述的单频RTK融合测试分析方法，其特征在于，将整周模糊度和载波

ISB的整数部分结合起来形成一个新的参数,估计载波ISB相位的小数部分:

$$\tilde{N}_{kl}^{GE} = N_{kl}^{GE} + M_{kl}^{GE} \quad \text{公式14;}$$

其中, \tilde{N}_{kl}^{GE} 包含载波ISB的整数部分和双差整周模糊度。

8. 如权利要求7所述的单频RTK融合测试分析方法,其特征在于,建立的多系统相对定位的双差观测方程为:

$$\phi_{kl}^{GE} = \rho_{kl}^{GE} + \lambda \tilde{N}_{kl}^{GE} + \delta_{kl}^{(G-E)} + \epsilon_{kl,\phi}^{GE} \quad \text{公式15;}$$

简化后得到:

$$P_{kl}^{GE} = \rho_{kl}^{GE} + d_{kl}^{(G-E)} + \epsilon_{kl,P}^{GE} \quad \text{公式16。}$$

9. 如权利要求8所述的单频RTK融合测试分析方法,其特征在于,建立带有设计矩阵A、向量L、权阵 P_L 的线性观测方程和带有设计矩阵B、向量W、伪距观测权阵 P_W 的伪距观测方程为:

$$(A^T P_L A + B^T P_W B) d_X - (A^T P_L L + B^T P_W W) = 0 \quad \text{公式17。}$$

一种单频RTK融合测试分析方法

技术领域

[0001] 本发明涉及GPS定位领域,具体公开了一种GPS/GALILEO系统(伽利略卫星导航系统,Galileo satellite navigation system,是由欧盟研制和建立的全球卫星导航定位系统)单频RTK融合测试分析方法。

背景技术

[0002] 目前多系统观测值的融合所采用的数学模型要求一个系统选择一个参考卫星,这主要是因为不同导航系统观测值的频率是不一样的。这种松组合方式减少了可用观测卫星的数量,对RTK的初始化时间、观测精度等都会有一定的影响。

发明内容

[0003] 本发明提供了一种单频RTK融合测试分析方法,包括如下步骤:

[0004] 列出GPS系统和GALILEO系统载波相位和伪距的非差观测方程;

[0005] 用GPS接收机钟差改正和GALILEO到GPS时间偏差来替换GALILEO接收机钟差改正;

[0006] 根据测站间求差公式以消除误差,建立GPS和GALILEO卫星间的单差载波相位和伪距观测方程;

[0007] 选择一颗GPS卫星作为多系统融合的参考卫星,列出包含载波和伪距IBSs的紧组合双差观测方程后并进行分解;

[0008] 将分解后的双差模型中的载波和伪距IBSs作为未知参数以进行简化;

[0009] 将经过分解和简化后的双差模型中的整周模糊度和载波ISB的整数部分结合起来形成一个新的参数,得到载波ISB相位的小数部分;

[0010] 建立多系统相对定位的双差观测方程;

[0011] 预设一个先验值以分离出载波相位ISB的整数部分,建立伪距观测方程。

[0012] 在上述的单频RTK融合测试分析方法中,列出GPS系统和GALILEO系统载波相位和伪距的非差观测方程为:

$$[0013] \quad \phi_k^G = \rho_k^G + dt_k - dt^G + \delta_k^{(G)} - \delta^G + \lambda(\varphi_k - \varphi^G + N_k^G) + \epsilon_{k,\phi}^G \quad \text{公式1;}$$

[0014] 简化后,得到

$$[0015] \quad P_k^G = \rho_k^G + dt_k - dt^G + d_k^{(G)} - d^G + \epsilon_{k,p}^G \quad \text{公式2;}$$

[0016] 其中, ϕ_k^G 为载波相位非差观测值, ρ_k^G 为卫星与测站的几何距离, dt_k 为接收机钟差改正, dt^G 为卫星钟差改正, λ 为载波波长, φ_k 为接收机载波相位小数部分, φ^G 为卫星载波相位小数部分, $\delta_k^{(G)}$ 为接收机载波硬件延迟, δ^G 为卫星载波硬件延迟, N_k^G 为整周模糊度, $\epsilon_{k,\phi}^G$ 为载波相位噪声, P_k^G 为伪距观测值, $d_k^{(G)}$ 为接收机测距码硬件延迟, d^G 为卫星测距码硬件

延迟, $\varepsilon_{k,p}^G$ 为测距码噪声。

[0017] 在上述的单频RTK融合测试分析方法中,用GPS接收机钟差改正和GALILEO到GPS时间偏差来替换GALILEO接收机钟差改正的公式为:

$$[0018] \quad \phi_k^E = \rho_k^E + dt_k - d_{GCTO} - dt^E + \delta_k^{(E)} - \delta^E + \lambda(\varphi_k - \varphi^E + N_k^E) + \varepsilon_{k,\phi}^E \quad \text{公式3;}$$

[0019] 简化后得到:

$$[0020] \quad P_k^E = \rho_k^E + dt_k - d_{GCTO} - dt^E + d_k^{(E)} - d^E + \varepsilon_{k,P}^E \quad \text{公式4;}$$

[0021] 其中,E为Galileo卫星定位系统, d_{GCTO} 为Galileo到GPS时间系统偏差。

[0022] 进一步的,在上述的GPS/GALILEO系统单频RTK融合测试分析方法中,根据测站间求差公式以消除误差,建立GPS和GALILEO卫星间的单差载波相位观测方程:

$$[0023] \quad \phi_{kl}^G = \rho_{kl}^G + dt_{kl} + \delta_{kl}^{(G)} + \lambda(\varphi_{kl} + N_{kl}^G) + \varepsilon_{kl,\phi}^G \quad \text{公式5,}$$

[0024] 简化后得到:

$$[0025] \quad P_{kl}^G = \rho_{kl}^G + dt_{kl} + d_{kl}^{(G)} + \varepsilon_{kl,P}^G \quad \text{公式6;}$$

[0026] 以及建立GPS和GALILEO卫星间的单差伪距观测方程:

$$[0027] \quad \phi_{kl}^E = \rho_{kl}^E + dt_{kl} + \delta_{kl}^{(E)} + \lambda(\varphi_{kl} + N_{kl}^E) + \varepsilon_{kl,\phi}^E \quad \text{公式7,}$$

[0028] 简化后得到:

$$[0029] \quad P_{kl}^E = \rho_{kl}^E + dt_{kl} + d_{kl}^{(E)} + \varepsilon_{kl,P}^E \quad \text{公式8;}$$

[0030] 其中, ϕ_{kl}^G 为载波相位单差观测值, ρ_{kl}^G 为测站到接收机的单差几何距离, l 为测站接收机编号, dt_{kl} 为单差接收机钟差改正, φ_{kl} 为接收机载波相位单差小数部分, $\delta_{kl}^{(G)}$ 为接收机载波单差硬件延迟, N_{kl}^G 为整周模糊度单差, $\varepsilon_{kl,\phi}^G$ 为载波相位单差噪声, P_{kl}^G 为单差伪距观测值, $d_{kl}^{(G)}$ 为接收机测距码单差硬件延迟, ε_{kl}^G 为测距码单差噪声。

[0031] 在上述的单频RTK融合测试分析方法中,建立多系统相对定位的双差观测方程:

$$[0032] \quad \phi_{kl}^{GE} = \rho_{kl}^{GE} + \lambda N_{kl}^{GE} + \delta_{kl}^{(G-E)} + \varepsilon_{kl,\phi}^{GE} \quad \text{公式9;}$$

[0033] 简化后得到:

$$[0034] \quad P_{kl}^{GE} = \rho_{kl}^{GE} + d_{kl}^{(G-E)} + \varepsilon_{kl,P}^{GE} \quad \text{公式10;}$$

[0035] 其中, ϕ_{kl}^{GE} 为载波相位双差观测值, ρ_{kl}^{GE} 为双差几何距离, N_{kl}^{GE} 为双差整周模糊度, δ_{kl}^{G-E} 为载波相位内部系统延迟, P_{kl}^{GE} 为伪距双差观测值, d_{kl}^{G-E} 为测距码内部系统延迟, $\varepsilon_{kl,\phi}^{GE}$ 为载波相位双差噪声, $\varepsilon_{kl,P}^{GE}$ 为测距码双差噪声;

[0036] 由于内部系统延迟来自于测试站不同接收机k和l之间的信号硬件延迟之差,对双差观测方程进行计算后得到:

$$[0037] \quad \delta_{kl}^{(G-E)} = \delta_{kl}^{(G)} - \delta_{kl}^{(E)} = \delta_l^{(E)} - \delta_k^{(E)} - \delta_l^{(G)} + \delta_k^{(G)} \quad \text{公式11};$$

[0038] 简化后得到:

$$[0039] \quad d_{kl}^{(G-E)} = \delta_{kl}^{(G)} - \delta_{kl}^{(E)} = d_l^{(E)} - d_k^{(E)} - d_l^{(G)} + d_k^{(G)} \quad \text{公式12}。$$

[0040] 在上述的单频RTK融合测试分析方法中,将分解后的双差模型中的载波和伪距IBSs作为未知参数,对公式12进行简化:

$$[0041] \quad \delta_{kl}^{(G-E)} = \bar{\delta}_{kl}^{(G-E)} + \lambda M_{kl}^{GE} \quad \text{公式13};$$

[0042] $\bar{\delta}_{kl}^{(G-E)}$ 为载波ISB的小数部分, M_{kl}^{GE} 为载波ISB的整数部分。

[0043] 在上述的单频RTK融合测试分析方法中,将整周模糊度和载波ISB的整数部分结合起来形成一个新的参数,估计载波ISB相位的小数部分:

$$[0044] \quad \bar{N}_{kl}^{GE} = N_{kl}^{GE} + M_{kl}^{GE} \quad \text{公式14};$$

[0045] 其中, \bar{N}_{kl}^{GE} 包含载波ISB的整数部分和双差整周模糊度。

[0046] 在上述的单频RTK融合测试分析方法中,建立的多系统相对定位的双差观测方程为:

$$[0047] \quad \phi_{kl}^{GE} = \phi_{kl}^{GE} + \lambda \bar{N}_{kl}^{GE} + \bar{\delta}_{kl}^{(G-E)} + \epsilon_{kl,\phi}^{GE} \quad \text{公式15};$$

[0048] 简化后得到:

$$[0049] \quad P_{kl}^{GE} = \phi_{kl}^{GE} + d_{kl}^{(G-E)} + \epsilon_{kl,P}^{GE} \quad \text{公式16}。$$

[0050] 在上述的单频RTK融合测试分析方法中,建立带有设计矩阵A、向量L、权阵P_L的线性观测方程和带有设计矩阵B、向量W、伪距观测权阵P_w的伪距观测方程为:

$$[0051] \quad (A^T P_L A + B^T P_w B) dx - (A^T P_L L + B^T P_w W) = 0 \quad \text{公式17}。$$

[0052] 由于本发明采用了上述的技术方案,提高了精密相对定位的精确性、可靠性和有效性,增加了观测卫星的数量,缩短了初始化时间,扩展了测量的有效距离。

附图说明

[0053] 通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述,本发明及其特征、外形和优点将会变得更明显。在全部附图中相同的标记指示相同的部分。并未刻意按照比例绘制附图,重点在于示出本发明的主旨。

[0054] 图1为本发明提供的一种单频RTK融合测试分析方法的流程示意图。

具体实施方式

[0055] 在下文的描述中,给出了大量具体的细节以便提供对本发明更为彻底的理解。然而,对于本领域技术人员而言显而易见的是,本发明可以无需一个或多个这些细节而得以实施。在其他的例子中,为了避免与本发明发生混淆,对于本领域公知的一些技术特征未进

行描述。

[0056] 为了彻底理解本发明,将在下列的描述中提出详细的步骤以及详细的结构,以便阐释本发明的技术方案。本发明的较佳实施例详细描述如下,然而除了这些详细描述外,本发明还可以具有其他实施方式。

[0057] 当GPS、GALILEO系统观测值有相同的频率时,那么双差模型选择仅仅一颗卫星作为参考卫星即可,不需要一个系统选择一个参考卫星,但是这种紧组合方式不仅要考虑时间和坐标系统的不同,还要考虑不同系统信号的硬件延迟差异(inter-system bias,下文简称ISB)。

[0058] 考虑到上述问题,本发明在此提供了一种GPS/GALILEO系统单频RTK融合测试分析方法,参照图1所示,包括如下步骤:

[0059] 步骤S1、列出GPS系统和GALILEO系统载波相位和伪距的非差观测方程,由于短基线计算,为了简化公式,可以忽略大气延迟,具体方程公式为:

$$[0060] \quad \phi_k^G = \rho_k^G + dt_k - dt^G + \delta_k^{(G)} - \delta^G + \lambda(\varphi_k - \varphi^G + N_k^G) + \epsilon_{k,\varphi}^G \quad \text{公式1};$$

[0061] 简化后,得到

$$[0062] \quad P_k^G = \rho_k^G + dt_k - dt^G + d_k^{(G)} - d^G + \epsilon_{k,P}^G \quad \text{公式2};$$

[0063] 其中, φ_k^G 为载波相位非差观测值, ρ_k^G 为卫星与测站的几何距离, dt_k 为接收机钟差改正, dt^G 为卫星钟差改正, λ 为载波波长, φ_k 为接收机载波相位小数部分, φ^G 为卫星载波相位小数部分, $\delta_k^{(G)}$ 为接收机载波硬件延迟, δ^G 为卫星载波硬件延迟, N_k^G 为整周模糊度, $\epsilon_{k,\varphi}^G$ 为载波相位噪声, P_k^G 为伪距观测值, $d_k^{(G)}$ 为接收机测距码硬件延迟, d^G 为卫星测距码硬件延迟, $\epsilon_{k,P}^G$ 为测距码噪声。

[0064] 步骤S2、用GPS接收机钟差改正和GALILEO到GPS时间偏差来替换GALILEO接收机钟差改正。具体的,用GPS接收机钟差改正和GALILEO到GPS时间偏差来替换GALILEO接收机钟差改正的公式为:

$$[0065] \quad \phi_k^E = \rho_k^E + dt_k - d_{GTO} - dt^E + \delta_k^{(E)} - \delta^E + \lambda(\varphi_k - \varphi^E + N_k^E) + \epsilon_{k,\varphi}^E \quad \text{公式3};$$

[0066] 简化后得到:

$$[0067] \quad P_k^E = \rho_k^E + dt_k - d_{GTO} - dt^E + d_k^{(E)} - d^E + \epsilon_{k,P}^E \quad \text{公式4};$$

[0068] E为Galileo卫星定位系统, d_{GTO} 为Galileo到GPS时间系统偏差。由于GALILEO系统采用GST时间系统,为了不同系统间观测值融合,我们可以用GPS接收机钟差改正和GALILEO到GPS时间偏差来替换GALILEO接收机钟差改正。

[0069] 步骤S3、测站间求差可以消除卫星钟差、卫星硬件延迟、卫星初始相位、GALILEO到GPS时间偏差等误差,对于接收机k和l来说GPS和GALILEO卫星间的单差载波相位和伪距观

测方程如下：

$$[0070] \quad \phi_{kl}^G = \rho_{kl}^G + dt_{kl} + \delta_{kl}^{(G)} + \lambda(\varphi_{kl} + N_{kl}^G) + \epsilon_{kl,\phi}^G \quad \text{公式5,}$$

[0071] 简化后得到：

$$[0072] \quad P_{kl}^G = \rho_{kl}^G + dt_{kl} + d_{kl}^{(G)} + \epsilon_{kl,P}^G \quad \text{公式6;}$$

[0073] 以及建立GPS和GALILEO卫星间的单差伪距观测方程：

$$[0074] \quad \phi_{kl}^E = \rho_{kl}^E + dt_{kl} + \delta_{kl}^{(E)} + \lambda(\varphi_{kl} + N_{kl}^E) + \epsilon_{kl,\phi}^E \quad \text{公式7,}$$

[0075] 简化后得到：

$$[0076] \quad P_{kl}^E = \rho_{kl}^E + dt_{kl} + d_{kl}^{(E)} + \epsilon_{kl,P}^E \quad \text{公式8;}$$

[0077] 其中， ϕ_{kl}^G 为载波相位单差观测值， ρ_{kl}^G 为测站到接收机的单差几何距离， l 为测站接收机编号， dt_{kl} 为单差接收机钟差改正， ϕ_{kl} 为接收机载波相位单差小数部分， $\delta_{kl}^{(G)}$ 为接收机载波单差硬件延迟， N_{kl}^G 为整周模糊度单差， $\epsilon_{kl,\phi}^G$ 为载波相位单差噪声， P_{kl}^G 为单差伪距观测值， $d_{kl}^{(G)}$ 为接收机测距码单差硬件延迟， ϵ_{kl}^G 为测距码单差噪声。

[0078] 步骤S4、选择一颗GPS卫星作为多系统融合的参考卫星，列出双差观测方程（也即紧组合双差模型）后并进行分解。

[0079] 具体的，先列出双差观测方程：

$$[0080] \quad \phi_{kl}^{GE} = \rho_{kl}^{GE} + \lambda N_{kl}^{GE} + \delta_{kl}^{(G-E)} + \epsilon_{kl,\phi}^{GE} \quad \text{公式9;}$$

[0081] 简化后得到：

$$[0082] \quad P_{kl}^{GE} = \rho_{kl}^{GE} + d_{kl}^{(G-E)} + \epsilon_{kl,P}^{GE} \quad \text{公式10;}$$

[0083] 其中， ϕ_{kl}^{GE} 为载波相位双差观测值， ρ_{kl}^{GE} 为双差几何距离， N_{kl}^{GE} 为双差整周模糊度， $\delta_{kl}^{(G-E)}$ 为载波相位内部系统延迟， P_{kl}^{GE} 为伪距双差观测值， $d_{kl}^{(G-E)}$ 为测距码内部系统延迟， $\epsilon_{kl,\phi}^{GE}$ 为载波相位双差噪声， $\epsilon_{kl,P}^{GE}$ 为测距码双差噪声。

[0084] 由于内部系统延迟（ISB）来自于测试站不同接收机 k 和 l 之间的信号硬件延迟之差，对双差观测方程进行计算后得到：

$$[0085] \quad \delta_{kl}^{(G-E)} = \delta_{kl}^{(G)} - \delta_{kl}^{(E)} = \delta_l^{(E)} - \delta_k^{(E)} - \delta_l^{(G)} + \delta_k^{(G)} \quad \text{公式11;}$$

[0086] 简化后得到：

$$[0087] \quad d_{kl}^{(G-E)} = d_{kl}^{(G)} - d_{kl}^{(E)} = d_l^{(E)} - d_k^{(E)} - d_l^{(G)} + d_k^{(G)} \quad \text{公式12.}$$

[0088] 步骤S5、对于GPS和GALILEO系统很难估计非差接收机硬件延迟，但我们可以把载波和伪距IBSs作为未知参数，像测站坐标和整周模糊度一样。载波的ISB可以分为整数部分和小数部分。在本发明中，将分解后的双差模型中的载波和伪距IBSs作为未知参数，对公式

12进行简化后得到:

$$[0089] \quad \delta_{kl}^{(G-E)} = \bar{\delta}_{kl}^{(G-E)} + \lambda M_{kl}^{GE} \quad \text{公式13};$$

[0090] 其中, $\bar{\delta}_{kl}^{(G-E)}$ 为载波ISB的小数部分, M_{kl}^{GE} 为载波ISB的整数部分。

[0091] 步骤S6、由于整周模糊度和载波ISB的整数部分相关性很高,很难把它们分离出来,为此我们把它们结合起来形成一个新的参数。这样只需要估计载波ISB相位的小数部分即可:

$$[0092] \quad \bar{N}_{kl}^{GE} = N_{kl}^{GE} + M_{kl}^{GE} \quad \text{公式14};$$

[0093] 其中, \bar{N}_{kl}^{GE} 包含载波ISB的整数部分和双差整周模糊度。

[0094] 步骤S7、建立多系统相对定位的双差观测方程:

$$[0095] \quad \phi_{kl}^{GE} = \rho_{kl}^{GE} + \lambda \bar{N}_{kl}^{GE} + \bar{\delta}_{kl}^{(G-E)} + \epsilon_{kl,\phi}^{GE} \quad \text{公式15};$$

[0096] 简化后得到:

$$[0097] \quad P_{kl}^{GE} = \rho_{kl}^{GE} + d_{kl}^{(G-E)} + \epsilon_{kl,P}^{GE} \quad \text{公式16}。$$

[0098] 步骤S8、为了分离出载波相位ISB的整数部分,我们可以先给它一个先验值。用这种方法观测模型仅由两组观测方程组成,带有设计矩阵A、向量L、权阵P_L的线性观测方程和带有设计矩阵B、向量W、伪距观测权阵P_w的伪距观测方程:

$$[0099] \quad (A^T P_L A + B^T P_w B) dx - (A^T P_L L + B^T P_w W) = 0 \quad \text{公式17}。$$

[0100] 综上所述,由于本发明采用了上述的技术方案,相比较现有技术而言,具有如下技术优点:1、提高了精密相对定位的精确性、可靠性和有效性;2、观测卫星数量变多;3、缩短了初始化时间;4、扩展了测量的有效距离。

[0101] 以上对本发明的较佳实施例进行了描述。需要理解的是,本发明并不局限于上述特定实施方式,其中未尽详细描述的设备 and 结构应该理解为用本领域中的普通方式予以实施;任何熟悉本领域的技术人员,在不脱离本发明技术方案范围情况下,都可利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案做出许多可能的变动和修饰,或修改为等同变化的等效实施例,这并不影响本发明的实质内容。因此,凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化及修饰,均仍属于本发明技术方案保护的范围内。

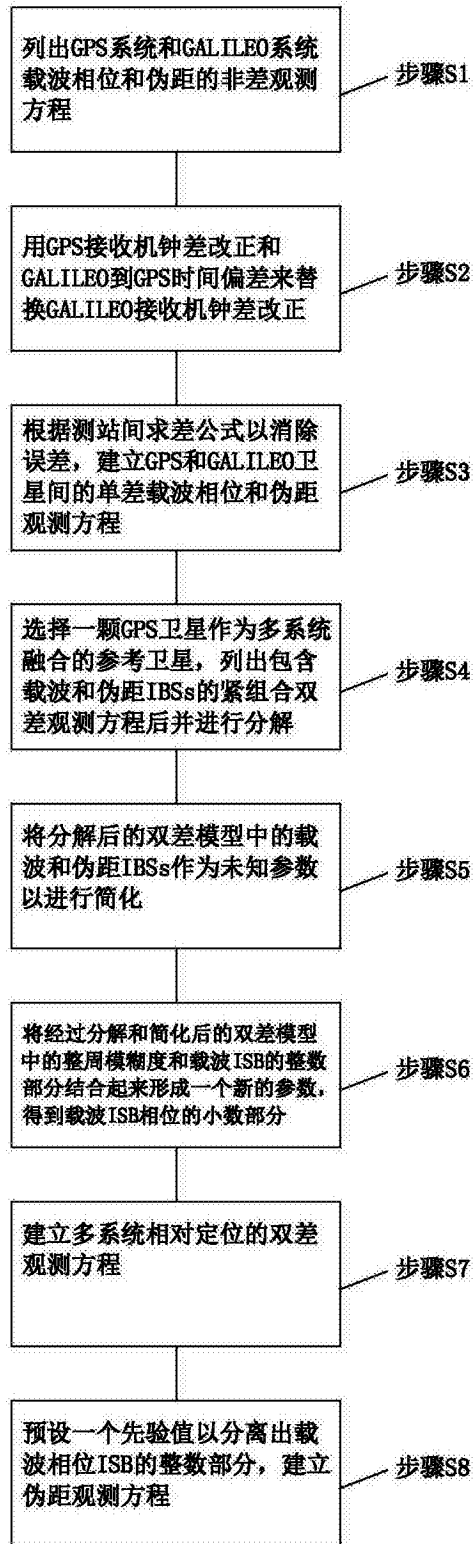


图1