



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113866797 A

(43) 申请公布日 2021. 12. 31

(21) 申请号 202111125586.0

(22) 申请日 2021.09.24

(71) 申请人 上海数迹智能科技有限公司  
地址 201700 上海市青浦区徐民路308弄50号506室

(72) 发明人 葛昊 钱久超 梅军辉 刘佩林

(74) 专利代理机构 北京睿智保诚专利代理事务所(普通合伙) 11732

代理人 孙盟盟

(51) Int. Cl.

G01S 19/22 (2010.01)

G01S 19/37 (2010.01)

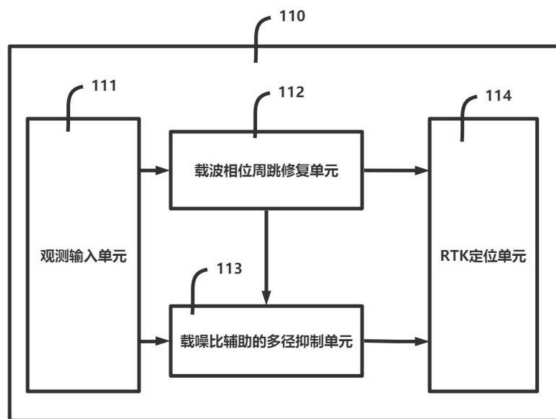
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

双差载波周跳修复和多径抑制方法、系统及可存储介质

(57) 摘要

本发明公开了一种双差载波周跳修复和多径抑制方法、系统及可存储介质,涉及卫星导航领域。本发明包括:双差观测输入单元、载波相位周跳修复单元、载噪比辅助的多径抑制单元、RTK定位单元。观测输入单元负责从终端设备获取伪距、载波相位以及载噪比的观测输入;载波相位周跳修复单元负责修复载波相位中存在的周跳问题;载噪比辅助的多径抑制单元负责抑制伪距中的多径误差;最后由RTK定位单元负责定位解算。本发明利用双差载波相位和复合观测的联合检测降低周跳修复的误检测概率。



1. 一种双差载波相位周跳修复和多径抑制方法,其特征在于,包括以下步骤:  
接收伪距、载波相位观测数据和载噪比观测数据;  
根据载波相位观测数据生成双差载波相位并进行周跳修复;  
根据流动站和基站的伪距、载噪比观测数据以及修复后的双差载波相位,进行伪距多径的抑制;  
对修复后的双差载波相位以及伪距多径的结果进行定位解算并输出定位结果。
2. 根据权利要求1所述的一种双差载波相位周跳修复和多径抑制方法,其特征在于,所述伪距包括基站的伪距和流动站的伪距;所述载波相位观测数据包括基站的载波相位观测数据和流动站的载波相位观测数据;所述载噪比观测数据包括基站的载噪比观测数据和流动站的载噪比观测数据。
3. 根据权利要求1所述的一种双差载波相位周跳修复和多径抑制方法,其特征在于,所述接收数据还包括接收星历数据、基站位置坐标数据。
4. 根据权利要求1所述的一种双差载波相位周跳修复和多径抑制方法,其特征在于,周跳修复利用高阶多项拟合法和周跳联合检测的方式。
5. 根据权利要求1所述的一种双差载波相位周跳修复和多径抑制方法,其特征在于,伪距多径的抑制具体为:利用载噪比和多径具有相同频率特性的性质,对伪距多径模型中的参数进行估计,输出多径抑制后的伪距观测数据。
6. 一种双差载波相位周跳修复和多径抑制系统,其特征在于,包括观测输入单元,载波相位周跳修复单元,载噪比辅助的多径抑制单元和RTK定位单元;  
所述观测输入单元用于接收伪距、载波相位观测数据和载噪比观测数据,所述载波相位周跳修复单元用于根据载波相位观测数据生成双差载波相位并进行周跳修复,所述载噪比辅助的多径抑制单元用于根据流动站和基站的伪距、载噪比观测数据以及修复后的双差载波相位,进行伪距多径的抑制,所述RTK定位单元用于对修复后的双差载波相位以及伪距多径的结果进行定位解算并输出定位结果。
7. 根据权利要求6所述的一种双差载波相位周跳修复和多径抑制系统,其特征在于,所述载波相位周跳修复单元包括双差载波相位模块,复合观测模块、拟合及联合检测模块,周跳修复模块;  
所述双差载波相位模块的输出分别输入到所述复合观测模块、所述拟合及联合检测模块,其中所述复合观测模块的输出输入到所述拟合及联合检测模块,所述拟合及联合检测模块的检测结果显示到周跳修复模块。
8. 根据权利要求6所述的一种双差载波相位周跳修复和多径抑制系统,其特征在于,所述载噪比辅助的多径抑制单元包括双差伪距单元,CMP观测单元,基于多径模型的多径抑制单元和频谱分析单元;  
所述双差伪距单元,所述CMP观测单元和所述基于多径模型的多径抑制单元依次连接,所述频谱分析单元的输出输入到所述基于多径模型的多径抑制单元。
9. 一种计算机存储介质,其特征在于,所述计算机存储介质上存储有计算机程序,所述计算机程序为被处理器执行时实现如权利要求1-5中任意一项所述的一种双差载波相位周跳修复和多径抑制方法的步骤。

## 双差载波周跳修复和多径抑制方法、系统及可存储介质

### 技术领域

[0001] 本发明涉及卫星导航领域,尤其是涉及一种双差载波周跳修复和多径抑制方法、系统及可存储介质。

### 背景技术

[0002] 近年来,电子设备制造技术也在不断提升,GNSS设备也朝着小型化和低成本化发展,更多的GNSS板卡以及芯片也在不断涌现。相比于测绘级接收机,低成本GNSS接收机终端拥有更加广阔的应用场景,诸如智能手机平台、小型无人机和机器人平台等等,在这类场景下,轻量化和低成本化几乎是必要条件。但是相较而言,低成本接收机的定位精度仍然远远比不上测绘级接收机,其根本原因在于硬件设备所导致的低质量观测。在没有多径的开阔环境下,低成本接收机的定位精度一般在5~10米,而在严重的多径环境下,其定位误差可能达到数十米。载波相位是卫星定位中十分重要的观测之一,具有噪声小,多径误差小等优秀特性,经过模糊度解算后,常用于高精度的定位算法之中。但是由于低成本接收机的跟踪环路的性能远不如测绘级接收机,因此加大了信号丢失的概率,从而导致频繁的载波相位周跳。载波相位的周跳现象的存在影响了其观测的连续性,使得利用载波相位的算法应用更为困难,诸如载波相位平滑伪距以及载波相位模糊度解算技术等等。利用RTK或PPP技术,低成本接收机也可以达到分米级的定位精度,但前提是需要很长时间的收敛过程,其应用场景受到了很大限制。因此低成本接收机的高精度定位仍然是一个待解决的问题,其中载波相位的周跳以及伪距多径是其中最为关键的技术难点。

[0003] 目前,对于低成本接收机的周跳修复算法仍然不够完善。大多数基于测绘级接收机设计的传统周跳检测及修复算法都对于接收机的伪距或多普勒观测质量有比较高的要求,从而可以利用这些观测对于载波相位存在的跳变进行检测。这些算法仅适用于观测质量有保证且周跳发生不那么频繁的测绘级接收机。对于低成本接收机,伪距和多普勒观测的噪声及误差都很大,特别是在一些复杂环境下,接收信号的载噪比更低,进一步降低了观测的质量。因此,提出一种适用于低成本接收机周跳修复的实际策略是必要的,并且该策略需要在复杂环境下仍有一定的鲁棒性。

[0004] 对于伪距多径抑制已经提出了很多的算法,但很少有适用于低成本设备的算法,大多需要多频观测或是周围环境的3D模型数据。一种基于载噪比辅助的载波相位多径抑制方法也已经被提出,且适用于低成本设备,但没有相应的方法被用在伪距观测上。因此亟需设计一种基于载噪比辅助的伪距多径抑制方法、系统及可存储介质。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明提供了一种双差载波周跳修复和多径抑制方法、系统及可存储介质,依据低成本设备观测的特性,选择最适合周跳修复策略,并识别其中的无效观测以减少误检测和误修复概率;在伪距多径的抑制方法上,创新性地使用载噪比进行辅助估计,结合修复后的载波相位进行多径模型的参数估计,以达到估计伪距多径的目的。

- [0006] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:
- [0007] 一种双差载波相位周跳修复和多径抑制方法,包括以下步骤:
- [0008] 接收伪距、载波相位观测数据和载噪比观测数据;
- [0009] 根据载波相位观测数据生成双差载波相位并进行周跳修复;
- [0010] 根据流动站和基站的伪距、载噪比观测数据以及修复后的双差载波相位,进行伪距多径的抑制;
- [0011] 对修复后的双差载波相位以及伪距多径的结果进行定位解算并输出定位结果。
- [0012] 其中周跳修复为:获取基站和流动站的载波相位观测进行差分处理后,再选择基准卫星的载波相位进行差分,得到双差载波相位观测;通过双差载波相位加上基站的星间差分距离得到复合观测数据;分别对双差载波相位和复合观测数据进行多项式拟合,进而得到周跳;对出现周跳的观测数据进行周跳修复。
- [0013] 其中伪距多径的抑制为:将基站伪距和流动站伪距进行双差处理得到双差伪距观测,将周跳修复后的载波相位观测和双差伪距观测组合成CMP观测;对原始载噪比观测数据输入进行分析,利用FFT变换将原始载噪比观测数据的频率成分提取出来;进一步计算得到双差载波相位模糊度和伪距多径模型中的所需的参量;最后得到单差伪距多径,进而得到多径的抑制后的伪距。
- [0014] 可选的,所述伪距包括基站的伪距和流动站的伪距;所述载波相位观测数据包括基站的载波相位观测数据和流动站的载波相位观测数据;所述载噪比观测数据包括基站的载噪比观测数据和流动站的载噪比观测数据。
- [0015] 可选的,所述接收数据还包括接收星历数据、基站位置坐标数据。
- [0016] 可选的,周跳修复利用高阶多项拟合法和周跳联合检测的方式。具体的,周跳修复是在已有的高阶多项拟合法的的技术之上,设计了周跳联合检测的方式,对双差载波相位观测以及双差载波相位加上基站的星间差分距离得到的复合观测的高阶多项式拟合结果进行联合检测。
- [0017] 可选的,伪距多径的抑制具体为:利用载噪比和多径具有相同频率特性的性质,对伪距多径模型中的参数进行估计,以实现伪距多径的抑制,输出多径抑制后的伪距观测数据。此处伪距多径模型是指利用多径反射面的反射系数、非直达径延时来量化伪距多径大小的模型。
- [0018] 一种双差载波相位周跳修复和多径抑制系统,包括观测输入单元,载波相位周跳修复单元,载噪比辅助的多径抑制单元和RTK定位单元;所述观测输入单元用于接收伪距、载波相位观测数据和载噪比观测数据,所述载波相位周跳修复单元用于根据载波相位观测数据生成双差载波相位并进行周跳修复,所述载噪比辅助的多径抑制单元用于根据流动站和基站的伪距、载噪比观测数据以及修复后的双差载波相位,进行伪距多径的抑制,所述RTK定位单元用于对修复后的双差载波相位以及伪距多径的结果进行定位解算并输出定位结果。
- [0019] 可选的,所述载波相位周跳修复单元包括双差载波相位模块,复合观测模块、拟合及联合检测模块,周跳修复模块,所述双差载波相位模块的输出分别输入到所述复合观测模块、所述拟合及联合检测模块,其中所述复合观测模块的输出输入到所述拟合及联合检测模块,所述拟合及联合检测模块的检测结果输入到周跳修复模块。

[0020] 可选的,所述载噪比辅助的多径抑制单元包括双差伪距单元,CMP观测单元,基于多径模型的多径抑制单元和频谱分析单元;所述双差伪距单元,所述CMP观测单元和所述基于多径模型的多径抑制单元依次连接,所述频谱分析单元的输出输入到所述基于多径模型的多径抑制单元。

[0021] 一种计算机存储介质,所述计算机存储介质上存储有计算机程序,所述计算机程序为被处理器执行时实现所述的一种双差载波相位周跳修复和多径抑制方法的步骤。

[0022] 经由上述的技术方案可知,与现有技术相比,本发明公开提供了一种双差载波周跳修复和多径抑制方法、系统及可存储介质,利用双差载波相位和复合观测的联合检测降低周跳修复的误检测概率,此外利用载噪比和多径的频率特性具有的一致性,通过对于载噪比进行频率分析得到伪距多径模型中的参量的估计值,进而实现多径估计的目的,大大提高了低成本设备在复杂多径环境下的定位精度。

### 附图说明

[0023] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0024] 图1是本发明中载波相位周跳修复和伪距多径抑制的系统框图;

[0025] 图2是本发明中观测输入单元的工作原理框图;

[0026] 图3是本发明中载波相位周跳修复单元的工作原理框图;

[0027] 图4是本发明中载噪比辅助的多径抑制单元的工作原理框图。

### 具体实施方式

[0028] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0029] 本发明实施例公开了一种双差载波周跳修复和多径抑制方法、系统及可存储介质,其中方法包括以下步骤:

[0030] S1:在每一个历元时刻,观测输入单元111负责接收流动站和基站的伪距、载波相位、载噪比观测数据以及星历、基站位置坐标等辅助数据。

[0031] S2:载波相位周跳修复单元112负责接收来自观测输入单元111的载波相位观测,生成双差载波相位并进行周跳修复,主要是利用高阶多项式拟合法以及周跳联合检测的方式,降低误修复概率,最后输出修复后的载波相位观测。

[0032] S3:载噪比辅助的多径抑制单元113负责接收来自观测输入单元111的伪距和载噪比观测以及来自载波相位周跳修复单元112的修复后的载波相位观测,并进行伪距多径的抑制。主要是利用了载噪比和多径具有相同频率特性的性质,对于伪距多径模型中的参数进行估计,从而实现伪距多径的抑制,最后输出多径抑制后的伪距观测。

[0033] S4:最后在RTK定位单元114,接收来自载波相位周跳修复单元112的修复后的载波

相位观测以及来自载噪比辅助的多径抑制单元113的多径抑制后的伪距观测,利用RTK定位技术进行定位解算并输出定位结果。

[0034] 在本实施例中,图1给出了本发明的整体框图,主要包含四个部分:观测输入单元111、载波相位周跳修复单元112,载噪比辅助的多径抑制单元113和RTK定位单元114。数据输入来自第一个单元,各单元对于数据都进行一定的处理,最后一个单元包含了数据输出。

[0035] 图2给出了观测输入单元111的具体实施细节及输出。分别从基站以及流动站处获取伪距、载波相位以及载噪比观测。

[0036] 图3给出了载波相位周跳修复单元112的具体实施细节及输出。其中双差载波相位模块将来自观测输入单元111的基站和流动站的载波相位观测进行差分处理后,再选择基准卫星的载波相位进行差分,得到双差载波相位观测。“复合观测”模块则是通过双差载波相位加上基站的星间差分距离得到,方法如下

$$[0037] \quad \Phi_c = \nabla\Delta\Phi + \nabla\rho(t_b)$$

[0038] 其中 $\nabla\Delta\Phi$ 为双差载波相位观测, $\nabla\rho$ 为卫星和接收机天线间的几何距离的星间差分, $t_b$ 为基站接收到信号的时间。

[0039] 拟合及联合检测模块分别对双差载波相位和复合观测进行多项式拟合,即

$$[0040] \quad \nabla\Delta\hat{\Phi}(t) = at^2 + bt + c$$

[0041] 其中 $\nabla\Delta\hat{\Phi}(t)$ 为拟合得到的双差载波相位,a、b、c为拟合系数。则跳变量可以通过下式得到

$$[0042] \quad \delta\hat{N}(t) = \left\lceil \frac{\nabla\Delta\Phi(t) - \nabla\Delta\hat{\Phi}(t)}{\lambda} \right\rceil$$

[0043] 当两种观测得到的跳变量都不为0时,才认为出现了周跳。

[0044] 周跳修复模块则根据前一个模块的检测结果,对于出现周跳的观测进行周跳修复。

[0045] 图4给出了载噪比辅助的多径抑制单元113的具体实施细节及输出。其中“双差伪距”模块将来自观测输入单元111的基站伪距和流动站伪距进行双差处理得到双差伪距观测。

[0046] CMP观测模块将来自载波相位周跳修复单元112的修复后的载波相位观测和来自双差伪距模块的双差伪距观测组合成CMP观测,即

$$[0047] \quad \nabla\Delta CMP = \nabla\Delta P - \nabla\Delta\Phi$$

[0048] 其中 $\nabla\Delta P$ 为双差伪距, $\nabla\Delta\Phi$ 为双差载波相位。

[0049] 频谱分析模块对于原始载噪比观测输入进行分析,利用FFT变换将载噪比的频率成分提取出来,得到

$$[0050] \quad C/N_0(t) \approx \hat{A}_0 + \sum_{i=1}^n \hat{A}_{\omega_i} \cos(\hat{\omega}_i t + \hat{\theta}_i)$$

[0051] 其中 $C/N_0$ 为载噪比, $\hat{A}_0$ 为直流分量, $\hat{A}_{\omega_i}$ 为频率分量 $\hat{\omega}_i$ 的幅值, $\hat{\theta}_i$ 为对应的相位。

进一步计算得到伪距多径模型中的参量

$$[0052] \quad \alpha_i = \frac{\widehat{A}_{\omega_i}}{\widehat{A}_0 + \sqrt{\widehat{A}_0^2 - \sum_{i=1}^n \widehat{A}_{\omega_i}^2}}$$

$$[0053] \quad \psi_i(t) = \widehat{\omega}_i t + \widehat{\theta}_i$$

[0054] 并且令

$$[0055] \quad k_i(t) = \frac{\alpha_i \cos \psi_i(t)}{1 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \cos \psi_i(t)}$$

[0056] 上述 $k_i(t)$ 可以通过流动星的载噪比计算得到,而同样地可以根据参考卫星的载噪比计算得到 $k'_i(t)$ 。

[0057] 令

$$[0058] \quad y = \begin{bmatrix} CMP(t) \\ CMP(t) \\ \vdots \\ CMP(t-m+1) \end{bmatrix}$$

$$[0059] \quad M = \begin{bmatrix} k_1(t) & k_2(t) & \cdots & k_n(t) \\ k_1(t-1) & k_2(t-1) & \cdots & k_n(t-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ k_1(t-m+1) & k_2(t-m+1) & \cdots & k_n(t-m+1) \end{bmatrix}$$

$$[0060] \quad M' = \begin{bmatrix} k'_1(t) & k'_2(t) & \cdots & k'_n(t) \\ k'_1(t-1) & k'_2(t-1) & \cdots & k'_n(t-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ k'_1(t-m+1) & k'_2(t-m+1) & \cdots & k'_n(t-m+1) \end{bmatrix}$$

[0061] 得到一个线性方程

$$[0062] \quad y = Mx - M'x' - \lambda \nabla \Delta N$$

[0063] 其中 $\lambda$ 为波长, $\nabla \Delta N$ 为双差载波相位模糊度, $x$ 和 $x'$ 为伪距多径模型中所需的参量,即

$$[0064] \quad x = [\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n]$$

$$[0065] \quad x' = [\delta'_1, \delta'_2, \dots, \delta'_n]$$

[0066] 利用上述线性方程可以解出 $\lambda \nabla \Delta N$ 以及 $x$ 和 $x'$ 。最后可以计算得到流动站处的单差伪距多径为

$$[0067] \quad \nabla \tau_{M,r}(t) = \sum_{i=1}^n k_i(t) \delta_i - \sum_{j=1}^{n'} k_i(t) \delta'_j$$

[0068] 若假设基站处的伪距多径很小近似为0,则可以得到多径抑制后的伪距为

[0069]  $\nabla\Delta P_{mm}(t) = \nabla\Delta P(t) - \nabla\tau_{M,r}(t)$

[0070] 其中  $\nabla\Delta P(t)$  为原始伪距观测。最后输出多径抑制后的伪距观测  $\nabla\Delta P_{mm}(t)$ 。

[0071] 在RTK定位单元114, 利用来自载噪比辅助的多径抑制单元113的多径抑制后的伪距观测可以实现RTK定位算法, 相比未进行多径抑制的定位算法, 其定位精度能得到显著提升。

[0072] 对所公开的实施例的上述说明, 使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的, 本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下, 在其它实施例中实现。因此, 本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例, 而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。



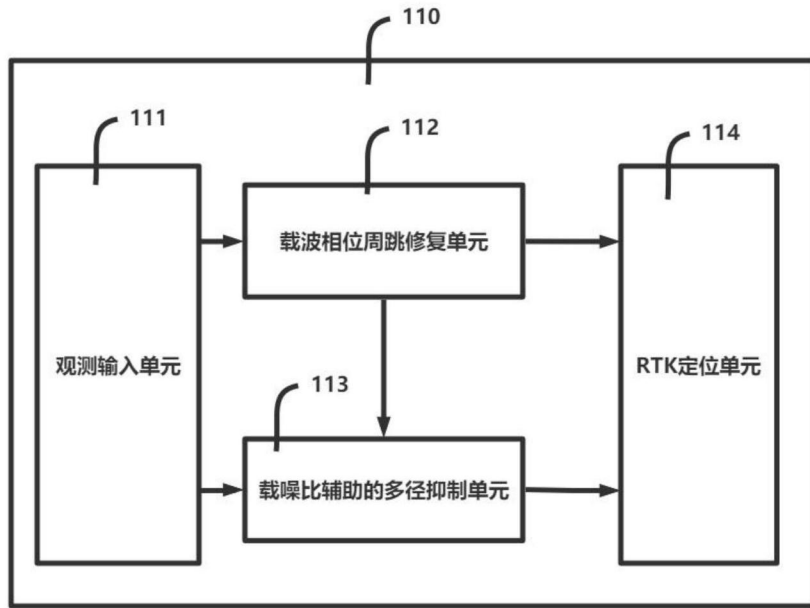


图1

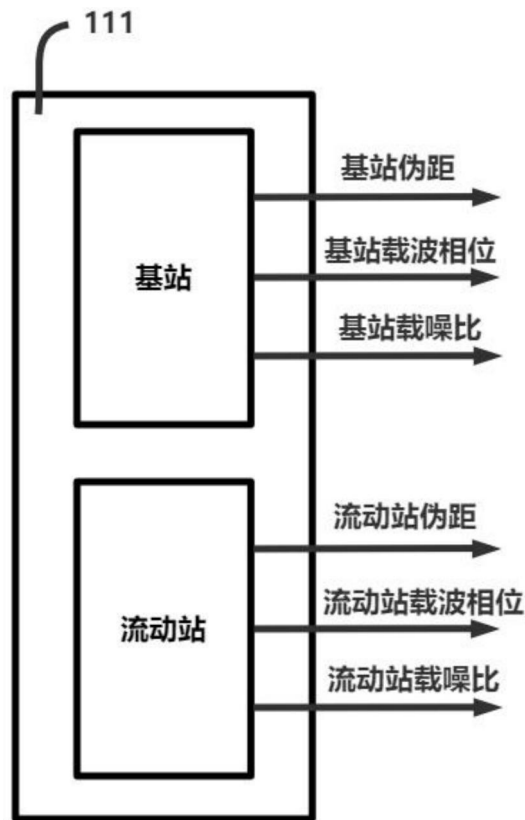


图2

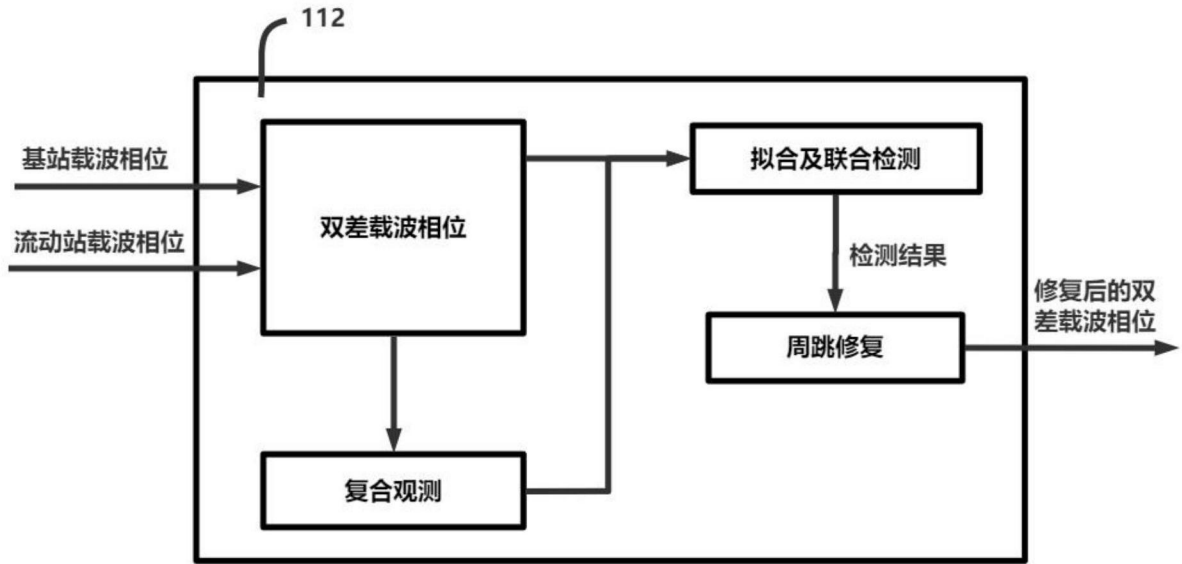


图3

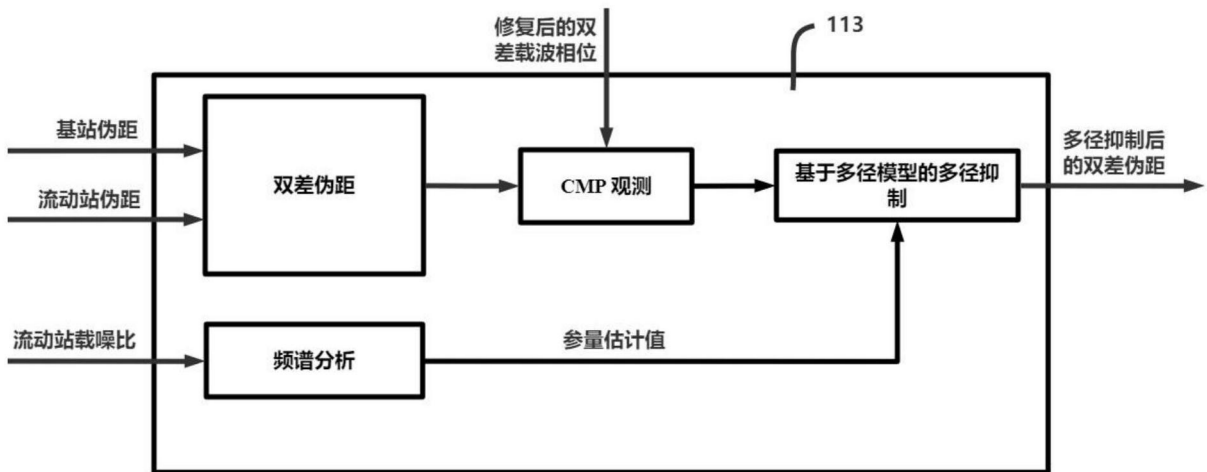


图4