



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110530400 A

(43)申请公布日 2019.12.03

(21)申请号 201911033962.6

(22)申请日 2019.10.29

(71)申请人 成都纵横自动化技术股份有限公司

地址 610000 四川省成都市高新区天府五街200号菁蓉国际广场6A7楼

(72)发明人 刘述超 衡思兰

(74)专利代理机构 北京超凡宏宇专利代理事务所(特殊普通合伙) 11463

代理人 李莎

(51)Int.Cl.

G01C 25/00(2006.01)

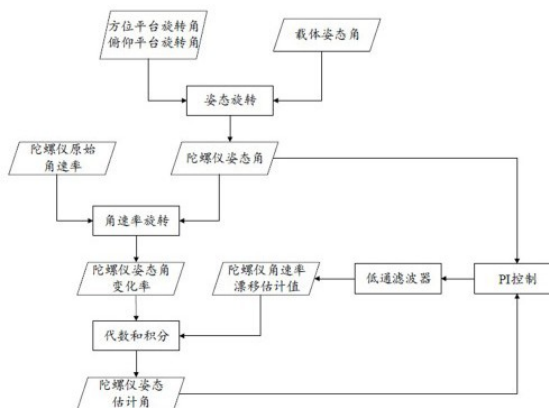
权利要求书3页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

陀螺仪漂移修正方法、装置、光电吊舱及飞行器

(57)摘要

本申请提出一种陀螺仪漂移修正方法、装置、光电吊舱及飞行器,涉及自动控制技术领域,通过由接收的惯性姿态角以及陀螺仪测得的方位平台旋转角和俯仰平台旋转角,计算得到陀螺仪姿态角,并根据该陀螺仪姿态角、陀螺仪测得的陀螺仪原始角速率以及设定的陀螺仪角速率参数计算得到陀螺仪姿态估计角,从而根据该陀螺仪姿态估计角以及陀螺仪姿态角计算得到陀螺仪角速率漂移估计角,进而利用该陀螺仪角速率漂移估计角修正陀螺仪原始角速率,相比于现有技术,能够无需人为干预的前提下,实时的修正陀螺仪的零点漂移。



1. 一种陀螺仪漂移修正方法,其特征在于,所述方法包括:

根据接收的惯性姿态角以及所述陀螺仪测得的方位平台旋转角和俯仰平台旋转角,计算得到陀螺仪姿态角;

根据所述陀螺仪姿态角、所述陀螺仪测得的陀螺仪原始角速率以及设定的陀螺仪角速率参数,计算得到陀螺仪姿态估计角;

根据所述陀螺仪姿态估计角及所述陀螺仪姿态角,计算得到陀螺仪角速率漂移估计值;

利用所述陀螺仪角速率漂移估计值修正所述陀螺仪原始角速率。

2. 如权利要求1所述的陀螺仪漂移修正方法,其特征在于,根据接收的惯性姿态角以及所述陀螺仪测得的方位平台旋转角和俯仰平台旋转角,计算得到陀螺仪姿态角的步骤,包括:

根据接收的所述惯性姿态角以及所述陀螺仪测得的所述方位平台旋转角,计算得到方位平台姿态角;

根据所述方位平台姿态角以及所述陀螺仪测得的所述俯仰平台旋转角,计算得到所述陀螺仪姿态角。

3. 如权利要求2所述的陀螺仪漂移修正方法,其特征在于,计算得到所述方位平台姿态角的公式满足如下:

$$\begin{bmatrix} E_{A\_roll} \\ E_{A\_pitch} \\ E_{A\_pan} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_A & \sin \theta_A & 0 \\ -\sin \theta_A & \cos \theta_A & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} E_{S\_roll} \\ E_{S\_pitch} \\ E_{S\_pan} \end{bmatrix}$$

式中, $E_{S\_pitch}$ 、 $E_{S\_roll}$ 、 $E_{S\_pan}$ 分别为所述惯性姿态角的俯仰姿态角、滚转姿态角及偏航姿态角, $\theta_A$ 为所述方位平台旋转角, $E_{A\_pitch}$ 、 $E_{A\_roll}$ 、 $E_{A\_pan}$ 分别为所述方位平台姿态角的俯仰姿态角、滚转姿态角及偏航姿态角;

计算得到所述陀螺仪姿态角的公式满足如下:

$$\begin{bmatrix} E_{L\_roll} \\ E_{L\_pitch} \\ E_{L\_pan} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_E & 0 & -\sin \theta_E \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta_E & 0 & \cos \theta_E \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} E_{A\_roll} \\ E_{A\_pitch} \\ E_{A\_pan} \end{bmatrix}$$

式中, $\theta_E$ 为所述俯仰平台旋转角, $E_{L\_pitch}$ 、 $E_{L\_roll}$ 、 $E_{L\_pan}$ 分别为所述陀螺仪姿态角的俯仰姿态角、滚转姿态角及偏航姿态角。

4. 如权利要求1所述的陀螺仪漂移修正方法,其特征在于,根据所述陀螺仪姿态角、所述陀螺仪测得的陀螺仪原始角速率以及设定的陀螺仪角速率参数,计算得到陀螺仪姿态估计角的步骤,包括:

根据所述陀螺仪姿态角以及所述陀螺仪测得的所述陀螺仪原始角速率,计算得到陀螺仪姿态角变化率;

根据所述陀螺仪姿态角变化率以及所述设定的陀螺仪角速率参数,计算得到所述陀螺

仪姿态估计角。

5. 如权利要求4所述的陀螺仪漂移修正方法,其特征在于,计算得到所述陀螺仪姿态角变化率的公式满足如下:

$$M_c = \begin{bmatrix} 1 & \tan E_{L\_pitch} \cdot \sin E_{L\_roll} & \tan E_{L\_pitch} \cdot \cos E_{L\_roll} \\ 0 & \cos E_{L\_roll} & -\sin E_{L\_roll} \\ 0 & \sin E_{L\_roll} / \cos E_{L\_pitch} & \cos E_{L\_roll} / \cos E_{L\_pitch} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} ERate_{L\_roll} \\ ERate_{L\_pitch} \\ ERate_{L\_pan} \end{bmatrix} = M_c \cdot \begin{bmatrix} PQR_{L\_roll} \\ PQR_{L\_pitch} \\ PQR_{L\_pan} \end{bmatrix}$$

式中, $M_c$ 为中间矩阵, $E_{L\_pitch}$ 、 $E_{L\_roll}$ 分别为所述陀螺仪姿态角的俯仰姿态角、滚转姿态角, $PQR_{L\_pitch}$ 、 $PQR_{L\_roll}$ 、 $PQR_{L\_pan}$ 分别为所述陀螺仪原始角速率的俯仰角速率、滚转角速率及偏航角速率, $ERate_{L\_pitch}$ 、 $ERate_{L\_roll}$ 、 $ERate_{L\_pan}$ 分别为所述陀螺仪姿态角变化率的俯仰姿态角变化率、滚转姿态角变化率及偏航姿态角变化率;

计算得到所述陀螺仪姿态估计角的公式满足如下:

$$E_{esti\_L\_pitch} = \int_0^{+\infty} (ERate_{L\_pitch} - D_{L\_pitch}) dt$$

$$E_{esti\_L\_roll} = \int_0^{+\infty} (ERate_{L\_roll} - D_{L\_roll}) dt$$

$$E_{esti\_L\_pan} = \int_0^{+\infty} (ERate_{L\_pan} - D_{L\_pan}) dt$$

式中, $D_{L\_pitch}$ 、 $D_{L\_roll}$ 、 $D_{L\_pan}$ 分别为所述设定的陀螺仪角速率参数在俯仰方向、滚转方向以及偏航方向的分量, $E_{esti\_L\_pitch}$ 、 $E_{esti\_L\_roll}$ 、 $E_{esti\_L\_pan}$ 分别为所述陀螺仪姿态估计角的俯仰姿态估计角、滚转姿态估计角及偏航姿态估计角。

6. 如权利要求1所述的陀螺仪漂移修正方法,其特征在于,根据所述陀螺仪姿态估计角及所述陀螺仪姿态角,计算得到陀螺仪角速率漂移估计值的步骤,包括:

利用设定的PI控制算法对所述陀螺仪姿态估计角与所述陀螺仪姿态角两者的代数和进行处理,得到所述陀螺仪角速率漂移估计值。

7. 如权利要求1所述的陀螺仪漂移修正方法,其特征在于,所述方法还包括:

利用所述陀螺仪角速率漂移估计值更新所述设定的陀螺仪角速率参数。

8. 一种陀螺仪漂移修正装置,其特征在于,所述装置包括:

预处理模块,用于根据接收的惯性姿态角以及所述陀螺仪测得的方位平台旋转角和俯仰平台旋转角,计算得到陀螺仪姿态角;

所述预处理模块还用于,根据所述陀螺仪姿态角、所述陀螺仪测得的陀螺仪原始角速

率以及设定的陀螺仪角速率参数,计算得到陀螺仪姿态估计角;

所述预处理模块还用于,根据所述陀螺仪姿态估计角及所述陀螺仪姿态角,计算得到陀螺仪角速率漂移估计值;

修正模块,用于利用所述陀螺仪角速率漂移估计值修正所述陀螺仪原始角速率。

9. 一种光电吊舱,其特征在于,包括:

存储器,用于存储一个或多个程序;

处理器及陀螺仪;

当所述一个或多个程序被所述处理器执行时,实现如权利要求1-7中任一项所述的陀螺仪漂移修正方法。

10. 一种飞行器,其特征在于,所述飞行器包括惯导计以及如权利要求9所述的光电吊舱,所述惯导计与所述光电吊舱建立通信;

所述惯导计用于测得惯性姿态角,并发送给所述光电吊舱;

所述光电吊舱用于根据所述惯性姿态角,执行如权利要求1-7中任一项所述陀螺仪漂移修正方法的步骤。

## 陀螺仪漂移修正方法、装置、光电吊舱及飞行器

### 技术领域

[0001] 本申请涉及自动控制技术领域,具体而言,涉及一种陀螺仪漂移修正方法、装置、光电吊舱及飞行器。

### 背景技术

[0002] 光电吊舱安装于飞行器,一般用于对目标进行搜索、跟踪。飞行器的飞行环境复杂且变化巨大,导致光电吊舱的外部环境温度变化情况复杂。

[0003] 光电吊舱使用陀螺仪测量任务载荷空间角速率,但陀螺仪的零位会随着时间和时间发生漂移,导致任务载荷空间角速率发生偏差,视频图像任务设备画面中心漂移,需要对陀螺仪发生的零点漂移现象进行补偿。

[0004] 然而,目前针对陀螺仪零点漂移进行补偿的方式要么精度较低,要么所需时间较长,导致生产效率较低。

### 发明内容

[0005] 本申请的目的在于提供一种陀螺仪漂移修正方法、装置、光电吊舱及飞行器,能够无需人为干预的前提下,实时的修正陀螺仪的零点漂移。

[0006] 为了实现上述目的,本申请实施例采用的技术方案如下:

第一方面,本申请实施例提供一种陀螺仪漂移修正方法,所述方法包括:

根据接收的惯性姿态角以及所述陀螺仪测得的方位平台旋转角和俯仰平台旋转角,计算得到陀螺仪姿态角;

根据所述陀螺仪姿态角、所述陀螺仪测得的陀螺仪原始角速率以及设定的陀螺仪角速率参数,计算得到陀螺仪姿态估计角;

根据所述陀螺仪姿态估计角及所述陀螺仪姿态角,计算得到陀螺仪角速率漂移估计值;

利用所述陀螺仪角速率漂移估计值修正所述陀螺仪原始角速率。

[0007] 第二方面,本申请实施例提供一种陀螺仪漂移修正装置,所述装置包括:

预处理模块,用于根据接收的惯性姿态角以及所述陀螺仪测得的方位平台旋转角和俯仰平台旋转角,计算得到陀螺仪姿态角;

所述预处理模块还用于,根据所述陀螺仪姿态角、所述陀螺仪测得的陀螺仪原始角速率以及设定的陀螺仪角速率参数,计算得到陀螺仪姿态估计角;

所述预处理模块还用于,根据所述陀螺仪姿态估计角及所述陀螺仪姿态角,计算得到陀螺仪角速率漂移估计值;

修正模块,用于利用所述陀螺仪角速率漂移估计值修正所述陀螺仪原始角速率。

[0008] 第三方面,本申请实施例提供一种光电吊舱,所述光电吊舱包括存储器,用于存储一个或多个程序;处理器及陀螺仪;当所述一个或多个程序被所述处理器执行时,实现上述的陀螺仪漂移修正方法。

[0009] 第四方面,本申请实施例提供一种飞行器,所述飞行器包括惯导计以及本申请实施例第三方面提供的光电吊舱,所述惯导计与所述光电吊舱建立通信;

所述惯导计用于测得惯性姿态角,并发送给所述光电吊舱;

所述光电吊舱用于根据所述惯性姿态角,执行如本申请实施例第一方面所述陀螺仪漂移修正方法的步骤。

[0010] 本申请实施例提供的一种陀螺仪漂移修正方法、装置、光电吊舱及飞行器,通过由接收的惯性姿态角以及陀螺仪测得的方位平台旋转角和俯仰平台旋转角,计算得到陀螺仪姿态角,并根据该陀螺仪姿态角、陀螺仪测得的陀螺仪原始角速率以及设定的陀螺仪角速率参数计算得到陀螺仪姿态估计角,从而根据该陀螺仪姿态估计角以及陀螺仪姿态角计算得到陀螺仪角速率漂移估计角,进而利用该陀螺仪角速率漂移估计角修正陀螺仪原始角速率,相比于现有技术,能够无需人为干预的前提下,实时的修正陀螺仪的零点漂移。

[0011] 为使本申请的上述目的、特征和优点能更明显易懂,下文特举较佳实施例,并配合所附附图,作详细说明如下。

## 附图说明

[0012] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本申请的某些实施例,因此不应被看作是对范围的限定,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,还可以根据这些附图获得其它相关的附图。

[0013] 图1示出本申请实施例提供的光电吊舱的一种示意性结构框图;

图2示出本申请实施例提供的陀螺仪漂移修正方法的一种示意性流程图;

图3为本申请实施例的一种示意性飞行器结构图;

图4示出图2中S201的子步骤的一种示意性流程图;

图5示出图2中S203的子步骤的一种示意性流程图;

图6为本申请实施例的一种示意性逻辑框图;

图7示出本申请实施例提供的陀螺仪漂移修正方法的另一种示意性流程图;

图8示出本申请实施例提供的陀螺仪漂移修正装置的一种示意性结构图。

[0014] 图中:100-光电吊舱;101-存储器;102-处理器;103-陀螺仪;300-陀螺仪漂移修正装置;301-预处理模块;302-修正模块。

## 具体实施方式

[0015] 为使本申请实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本申请实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。

[0016] 因此,以下对在附图中提供的本申请的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本申请的范围,而是仅仅表示本申请的选定实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0017] 应注意到:相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。同时,在本申请的描述中,术语“第一”、“第二”等仅用于区分描述,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0018] 需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0019] 目前针对陀螺仪零点漂移现象的方案大多采用以下两种方案:其中一种方案为操作人员手动地对陀螺仪漂移进行补偿,吊舱操作人员在发现吊舱陀螺仪发生零点漂移时,观察任务载荷实时画面,人为地分析出吊舱漂移大小和方向,通过吊舱控制手柄,输入陀螺仪漂移修正值,当画面稳定不再漂移时,即完成一次手动补偿。

[0020] 另一种方案是,将吊舱整体平台放入高低温箱中进行温度校准补偿,通过实时采集记录每个温度状态下陀螺仪的漂移偏差,然后使用高阶曲线拟合出温度与漂移的函数,并将该函数记录在吊舱中;使用时,吊舱根据陀螺仪工作时的实时温度,实时根据记录的“温度与漂移的函数”计算出漂移补偿值进行漂移补偿。

[0021] 然而,目前针对陀螺仪零点漂移的两种补偿方案中,手动补偿方案需要操作员实时操作,精度较低;整体平台温度校准的方案,需要大容量校准箱,校准时间长,生产效率较低。

[0022] 为此,基于上述缺陷,本申请实施例提供的一种可能的实现方式为:通过由接收的惯性姿态角以及陀螺仪测得的方位平台旋转角和俯仰平台旋转角,计算得到陀螺仪姿态角,并根据该陀螺仪姿态角、陀螺仪测得的陀螺仪原始角速率以及设定的陀螺仪角速率参数计算得到陀螺仪姿态估计角,从而根据该陀螺仪姿态估计角以及陀螺仪姿态角计算得到陀螺仪角速率漂移估计角,进而利用该陀螺仪角速率漂移估计角修正陀螺仪原始角速率,从而实现在无需人为干预的前提下,实时的修正陀螺仪的零点漂移。

[0023] 下面结合附图,对本申请的一些实施方式作详细说明。在不冲突的情况下,下述的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0024] 请参阅图1,图1示出本申请实施例提供的光电吊舱100的一种示意性结构框图。光电吊舱100包括存储器101、处理器102和陀螺仪103,该存储器101、处理器102和陀螺仪103相互之间直接或间接地电性连接,以实现数据的传输或交互。例如,这些元件相互之间可通过一条或多条通讯总线或信号线实现电性连接。

[0025] 存储器101可用于存储软件程序及模块,如本申请实施例提供的陀螺仪漂移修正装置300对应的程序指令/模块,处理器102通过执行存储在存储器101内的软件程序及模块,从而执行各种功能应用以及数据处理。陀螺仪103可用于测得方位平台旋转角、俯仰平台旋转角、陀螺仪原始角速率等参数。

[0026] 其中,存储器101可以是但不限于,随机存取存储器(Random Access Memory, RAM),只读存储器(Read Only Memory, ROM),可编程只读存储器(Programmable Read-Only

Memory, PROM), 可擦除只读存储器(Erasable Programmable Read-Only Memory, EPROM), 电可擦除可编程只读存储器(Electric Erasable Programmable Read-Only Memory, EEPROM)等。

[0027] 处理器102可以是一种集成电路芯片, 具有信号处理能力。该处理器102可以是通用处理器, 包括中央处理器(Central Processing Unit, CPU)、网络处理器(Network Processor, NP)等; 还可以是数字信号处理器(Digital Signal Processing, DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit, ASIC)、现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array, FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。

[0028] 可以理解, 图1所示的结构仅为示意, 光电吊舱100还可以包括比图1中所示更多或者更少的组件, 或者具有与图1所示不同的配置。图1中所示的各组件可以采用硬件、软件或其组合实现。

[0029] 下面以图1所示的光电吊舱作为示意性执行主体, 对本申请实施例提供的陀螺仪漂移修正方法进行示例性说明。

[0030] 请参阅图2, 图2示出本申请实施例提供的陀螺仪漂移修正方法的一种示意性流程图, 包括以下步骤:

S201, 根据接收的惯性姿态角以及陀螺仪测得的方位平台旋转角和俯仰平台旋转角, 计算得到陀螺仪姿态角;

S203, 根据陀螺仪姿态角、陀螺仪测得的陀螺仪原始角速率以及设定的陀螺仪角速率参数, 计算得到陀螺仪姿态估计角;

S205, 根据陀螺仪姿态估计角及陀螺仪姿态角, 计算得到陀螺仪角速率漂移估计值;

S207, 利用陀螺仪角速率漂移估计值修正陀螺仪原始角速率。

[0031] 如图3所示, 在本申请实施例的一种示意性飞行器中, 陀螺仪安装于光电吊舱, 光电吊舱与惯导计均固定安装于飞行器, 且惯导计和光电吊舱均与飞行器保持相对的静止; 惯导计与光电吊舱建立通信, 比如惯导计与光电吊舱可以采用电连接的方式建立通信, 以使惯导计与光电吊舱之间能够进行数据的交互, 比如惯导计将测量获得的惯性姿态角发送给光电吊舱。

[0032] 另外, 光电吊舱还获取陀螺仪测得的姿态参数, 比如表征水平方向姿态变化角度的方位平台旋转角, 表征俯仰方向姿态变化角度的俯仰平台旋转角, 以及陀螺仪原始角速率等; 其中, 光电吊舱根据接收的惯性姿态角, 以及陀螺仪测得的方位平台旋转角和俯仰平台旋转角, 计算得到陀螺仪姿态角。

[0033] 需要说明的是, 由于惯性姿态角为光电吊舱接收的惯导计发送的外部数据, 对于光电吊舱而言, 根据接收的惯性姿态角以及方位平台旋转角和俯仰平台旋转角计算得到的陀螺仪姿态角属于精度较高的数据, 而陀螺仪测得的陀螺仪原始角速率则为可能受到零点漂移影响的值。

[0034] 为此, 光电吊舱根据该陀螺仪姿态角, 以及陀螺仪原始角速率和设定的陀螺仪角速率参数, 计算得到陀螺仪姿态估计角, 其中, 该陀螺仪姿态估计角即为包含零点漂移所产生的误差的值。

[0035] 然后, 光电吊舱根据该陀螺仪姿态估计角以及陀螺仪姿态角进行计算, 从而得到



陀螺仪角速率漂移估计值,并利用该陀螺仪角速率漂移估计值修正陀螺仪原始角速率,对陀螺仪测得的陀螺仪原始角速率进行实时补偿,比如计算陀螺仪角速率漂移估计值与陀螺仪原始角速率两者的代数和,得到修正后的陀螺仪角速率,从而实现对陀螺仪原始角速率的实时补偿。

[0036] 可见,基于上述设计,本申请实施例提供的陀螺仪漂移修正方法,通过由接收的惯性姿态角以及陀螺仪测得的方位平台旋转角和俯仰平台旋转角,计算得到陀螺仪姿态角,并根据该陀螺仪姿态角、陀螺仪测得的陀螺仪原始角速率以及设定的陀螺仪角速率参数计算得到陀螺仪姿态估计角,从而根据该陀螺仪姿态估计角以及陀螺仪姿态角计算得到陀螺仪角速率漂移估计角,进而利用该陀螺仪角速率漂移估计角修正陀螺仪原始角速率,相比于现有技术,能够无需人为干预的前提下,实时的修正陀螺仪的零点漂移。

[0037] 其中,为实现S201,请参阅图4,图4示出图2中S201的子步骤的一种示意性流程图,作为一种可能的实现方式,S201可以包括以下子步骤:

S201-1,根据接收的惯性姿态角以及陀螺仪测得的方位平台旋转角,计算得到方位平台姿态角;

S201-2,根据方位平台姿态角以及陀螺仪测得的俯仰平台旋转角,计算得到陀螺仪姿态角。

[0038] 在本申请实施例中,光电吊舱接收的惯性姿态角包括俯仰姿态角、滚转姿态角以及偏航姿态角;由于飞行器作为光电吊舱及惯导计的安装载体,惯导计和光电吊舱均与飞行器保持相对的静止,因此,光电吊舱接收惯导计发送的惯性姿态角,即为飞行器的姿态角,同样也是光电吊舱的姿态角;也就是说,假定以 $E_S$ 表示惯导计测得的惯性姿态角,以 $E_B$ 表示飞行器的姿态角,则有: $E_S = E_B$ 。

[0039] 因此,在本申请实施例中,光电吊舱根据接收的惯性姿态角以及陀螺仪测得的方位平台旋转角,先计算得到方位平台姿态角;然后再根据计算得到的方位平台姿态角,以及陀螺仪测得的俯仰平台旋转角,计算得到陀螺仪姿态角。也就是说,在本申请实施例中,光电吊舱将惯导计测得的惯性姿态角分别在水平方向上以及俯仰方向上进行变换,即可得到陀螺仪姿态角。

[0040] 示例性地,计算得到方位平台姿态角的公式可以满足如下:

$$\begin{bmatrix} E_{A\_roll} \\ E_{A\_pitch} \\ E_{A\_pan} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_A & \sin \theta_A & 0 \\ -\sin \theta_A & \cos \theta_A & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} E_{S\_roll} \\ E_{S\_pitch} \\ E_{S\_pan} \end{bmatrix}$$

式中, $E_{S\_pitch}$ 、 $E_{S\_roll}$ 、 $E_{S\_pan}$ 、分别为惯性姿态角的俯仰姿态角、滚转姿态角及偏航姿态角, $\theta_A$ 为方位平台旋转角, $E_{A\_pitch}$ 、 $E_{A\_roll}$ 、 $E_{A\_pan}$ 分别为方位平台姿态角的俯仰姿态角、滚转姿态角及偏航姿态角。

[0041] 另外,计算得到陀螺仪姿态角的公式可以满足如下:

$$\begin{bmatrix} E_{L\_roll} \\ E_{L\_pitch} \\ E_{L\_pan} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_E & 0 & -\sin \theta_E \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta_E & 0 & \cos \theta_E \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} E_{A\_roll} \\ E_{A\_pitch} \\ E_{A\_pan} \end{bmatrix}$$

式中,  $\theta_E$  为俯仰平台旋转角,  $E_{L\_pitch}$ 、 $E_{L\_roll}$ 、 $E_{L\_pan}$  分别为陀螺仪姿态角的俯仰姿态角、滚转姿态角及偏航姿态角。

[0042] 需要说明的是, 上述方式仅为示意, 在计算获得陀螺仪姿态角时, 首先将惯导计测得的惯性姿态角先在水平方向上进行变换, 然后在俯仰方向上进行变换; 在本申请实施例其他一些可能的实现方式中, 在计算获得陀螺仪姿态角时, 还可以先将惯导计测得的惯性姿态角先在俯仰方向上进行变换, 然后在水平方向上进行变换, 这取决于具体的应用场景或者是用户设置而定, 本申请实施例对此不进行限定。

[0043] 另外, 为实现S203, 请参阅图5, 图5示出图2中S203的子步骤的一种示意性流程图, 作为一种可能的实现方式, S203可以包括以下子步骤:

S203-1, 根据陀螺仪姿态角以及陀螺仪测得的陀螺仪原始角速率, 计算得到陀螺仪姿态角变化率;

S203-2, 根据陀螺仪姿态角变化率以及设定的陀螺仪角速率参数, 计算得到陀螺仪姿态估计角。

[0044] 在本申请实施例中, 光电吊舱在计算得到陀螺仪姿态角变化率时, 可以由陀螺仪姿态角先计算得到中间矩阵  $M_c$ , 然后由中间矩阵  $M_c$  与陀螺仪原始角速率进行运算, 即可得到陀螺仪姿态角变化率。

[0045] 然后, 根据该陀螺仪姿态角变化率以及设定的陀螺仪角速率参数进行计算, 即可得到陀螺仪姿态估计角。

[0046] 示例性地, 计算得到陀螺仪姿态角变化率的公式可以满足如下:

$$M_c = \begin{bmatrix} 1 & \tan E_{L\_pitch} \cdot \sin E_{L\_roll} & \tan E_{L\_pitch} \cdot \cos E_{L\_roll} \\ 0 & \cos E_{L\_roll} & -\sin E_{L\_roll} \\ 0 & \sin E_{L\_roll} / \cos E_{L\_pitch} & \cos E_{L\_roll} / \cos E_{L\_pitch} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} ERate_{L\_roll} \\ ERate_{L\_pitch} \\ ERate_{L\_pan} \end{bmatrix} = M_c \cdot \begin{bmatrix} PQR_{L\_roll} \\ PQR_{L\_pitch} \\ PQR_{L\_pan} \end{bmatrix}$$

式中,  $E_{L\_pitch}$ 、 $E_{L\_roll}$  分别为陀螺仪姿态角的俯仰姿态角、滚转姿态角,  $PQR_{L\_pitch}$ 、 $PQR_{L\_roll}$ 、 $PQR_{L\_pan}$  分别为陀螺仪原始角速率的俯仰角速率、滚转角速率及偏航角速率  $ERate_{L\_pitch}$ 、 $ERate_{L\_roll}$ 、 $ERate_{L\_pan}$  分别为陀螺仪姿态角变化率的俯仰姿态角变化率、滚转姿态角变化率及偏航姿态角变化率。

[0047] 另外, 计算得到陀螺仪姿态估计角的公式可以满足如下:

$$E_{esti\_L\_pitch} = \int_0^{+\infty} (ERate_{L\_pitch} - D_{L\_pitch}) dt$$

$$E_{esti\_L\_roll} = \int_0^{+\infty} (ERate_{L\_roll} - D_{L\_roll}) dt$$

$$E_{esti\_L\_pan} = \int_0^{+\infty} (ERate_{L\_pan} - D_{L\_pan}) dt$$

式中,  $D_{L\_pitch}$ 、 $D_{L\_roll}$ 、 $D_{L\_pan}$  分别为设定的陀螺仪角速率参数在俯仰方向、滚转方向以及偏航方向的分量,  $E_{esti\_L\_pitch}$ 、 $E_{esti\_L\_roll}$ 、 $E_{esti\_L\_pan}$  分别为陀螺仪姿态估计角的俯仰姿态估计角、滚转姿态估计角及偏航姿态估计角。

[0048] 需要说明的是, 上述计算陀螺仪姿态角变化率的方式仅为示意, 通过分步计算的方式, 先计算得到中间矩阵  $M_c$ , 然后由于中间矩阵  $M_c$  左乘陀螺仪原始角速率, 从而得到陀螺仪姿态角变化率; 在本申请实施例其他一些可能的实现方式中, 计算陀螺仪姿态角变化率的方式还可以无需分步进行, 比如将计算中间矩阵  $M_c$  的公式与左乘陀螺仪原始角速率的公式进行合并, 在计算时, 只需在计算公式中代入陀螺仪姿态角的值、以及陀螺仪原始角速率的值即可计算得到陀螺仪姿态角变化率。

[0049] 并且, 在本申请实施例其他一些可能的实现方式中, 还可以利用其他的一些方式或者公式, 根据陀螺仪姿态角、陀螺仪原始角速率以及设定的陀螺仪角速率参数计算得到陀螺仪姿态估计角, 本申请实施例对此不进行限定。

[0050] 并且, 在执行 S205 时, 可以结合 PI (Proportional Integral, 比例积分) 控制器, 利用设定的 PI 控制算法对陀螺仪姿态估计角与陀螺仪姿态角两者的代数和进行处理, 从而得到陀螺仪姿态角速率漂移估计值。

[0051] 比如, 光电吊舱内预先设定 PI 控制算法, 光电吊舱首先计算陀螺仪姿态估计角与陀螺仪姿态角两者的代数和, 然后将计算得到的代数和作为该设定的 PI 控制算法的输入, 从而将该设定的 PI 控制算法输出的结果作为陀螺仪姿态角速率漂移估计值。

[0052] 另外, 需要说明的是, 上述设定的陀螺仪角速率参数, 可以是用户设定的值, 也可以是利用本申请实施例提供的陀螺仪漂移修正方法不停迭代后得到的结果。

[0053] 比如, 示意性地, 请参阅图 6, 图 6 为本申请实施例的一种示意性逻辑框图, 以第  $n$  ( $n > 2$ ) 次陀螺仪漂移修正的过程为例: 以图 3 所示的飞行器为例, 光电吊舱与惯导计均固定安装于飞行器, 飞行器作为光电吊舱和惯导计的安装载体; 且惯导计和光电吊舱均与飞行器保持相对的静止, 则惯导计测得惯性姿态角与飞行器作为载体时的载体姿态角相等, 且与光电吊舱的姿态角相等; 然后, 光电吊舱利用陀螺仪测得的方位平台旋转角以及俯仰平台旋转角, 对载体姿态角 (即惯导计测得的惯性姿态角) 进行姿态旋转, 从而得到陀螺仪姿态角; 接下来结合陀螺仪姿态角以及陀螺仪测得的陀螺仪原始角速率进行角速率旋转, 计算得到陀螺仪姿态角变化率; 接着求取陀螺仪姿态角变化率与第  $n-1$  次计算时得到的陀螺仪角速率漂移估计值 (即设定的陀螺仪角速率参数) 两者的代数和, 并对求取得到的代数和进行积分, 从而得到陀螺仪姿态估计角; 接下来将陀螺仪姿态角以及陀螺仪姿态估计角作为设定的 PI 控制算法的输入, 将 PI 控制算法输出的结果经过低通滤波器后即得到第  $n$  次陀螺仪漂移修正时的陀螺仪角速率漂移估计值; 最后利用该陀螺仪角速率漂移估计值修正陀螺

仪原始角速率,并将第 $n$ 次计算时得到的陀螺仪角速率漂移估计值进行保存,用作第 $n+1$ 次计算时的陀螺仪角速率参数,从而使陀螺仪的修正能够不停的进行迭代计算。

[0054] 需要说明的是,在如图6所示的逻辑框图中,第 $n$  ( $n>2$ )次计算时所利用到的参数包括陀螺仪测得的方位平台旋转角以及俯仰平台旋转角、载体姿态角(即惯导计测得的惯性姿态角)、以及第 $n-1$ 次计算得到的陀螺仪角速率漂移估计值(即设定的陀螺仪角速率参数),而第 $n$ 次计算时的结果为得到陀螺仪角速率漂移估计值;并且,当 $n=1$ 时,光电吊舱可以默认陀螺仪没有发生漂移,则计算时用到的陀螺仪角速率漂移估计值(即设定的陀螺仪角速率参数)可以默认取值为0。

[0055] 为此,在图2的基础上,请参阅图7,图7示出本申请实施例提供的陀螺仪漂移修正方法的另一种示意性流程图,作为一种可能的实现方式,该陀螺仪漂移修正方法还可以包括以下步骤:

S209,利用陀螺仪角速率漂移估计值更新设定的陀螺仪角速率参数。

[0056] 基于上述迭代计算的过程,当光电吊舱由S205计算得到陀螺仪角速率漂移估计值后,可以利用该陀螺仪角速率漂移估计值更新设定的陀螺仪角速率参数,比如将该陀螺仪角速率漂移估计值作为新的设定的陀螺仪角速率参数,或者是按照设定的比例系数将该陀螺仪角速率漂移估计值进行缩放后,将缩放后的结果作为新的设定的陀螺仪角速率参数,从而使光电吊舱能够如图6所示的逻辑框图,在下一次对陀螺仪进行零点漂移的修正时,利用该新的设定的陀螺仪角速率参数进行修正计算。

[0057] 需要说明的是,本申请实施例提供的上述实现方式,仅是以图1所示的光电吊舱作为执行主体进行的示意性说明,在本申请实施例其他一些可能的应用场景中,上述实现方式还可以有其他的设备作为执行主体,比如其他设置于飞行器的电子设备或者电子器件,只要能够执行上述陀螺仪漂移修正方法所述的步骤,以实现陀螺仪的漂移修正即可,本申请实施例对执行主体不进行限定。

[0058] 另外,基于与上述陀螺仪漂移修正方法相同的发明构思,请参阅图8,图8示出本申请实施例提供的陀螺仪漂移修正装置300的一种示意性结构图,该陀螺仪漂移修正装置300包括预处理模块301及修正模块302。其中:

预处理模块301用于,根据接收的惯性姿态角以及陀螺仪测得的方位平台旋转角和俯仰平台旋转角,计算得到陀螺仪姿态角;

预处理模块301还用于,根据陀螺仪姿态角、陀螺仪测得的陀螺仪原始角速率以及设定的陀螺仪角速率参数,计算得到陀螺仪姿态估计角;

预处理模块301还用于,根据陀螺仪姿态估计角及陀螺仪姿态角,计算得到陀螺仪角速率漂移估计值;

修正模块302用于,利用陀螺仪角速率漂移估计值修正陀螺仪原始角速率。

[0059] 需要说明的是,为描述的方便与简洁,上述陀螺仪漂移修正装置300的具体工作过程,请参照上述对应的陀螺仪漂移修正方法中对应的步骤,本申请实施例在此不再进行赘述。

[0060] 另外,本申请实施例还提供一种如图3所示的飞行器,该飞行器包括惯导计以及如图1所示的光电吊舱,惯导计与光电吊舱建立通信;惯导计用于测得惯性姿态角,并发送给光电吊舱;光电吊舱用于根据惯性姿态角,执行本申请实施例提供的上述陀螺仪漂移修正

方法的步骤。

[0061] 在本申请所提供的实施例中,应该理解到,所揭露的装置和方法,也可以通过其它的方式实现。以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如,附图中的流程图和框图显示了根据本申请实施例的装置、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上,流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段或代码的一部分,所述模块、程序段或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。

[0062] 也应当注意,在有些作为替换的实现方式中,方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如,两个连续的方框实际上可以基本并行地执行,它们有时也可以按相反的顺序执行,这依所涉及的功能而定。

[0063] 也要注意的,框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合,可以用执行规定的功能或动作的专用的基于硬件的系统来实现,或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

[0064] 另外,在本申请实施例中的各功能模块可以集成在一起形成一个独立的部分,也可以是各个模块单独存在,也可以两个或两个以上模块集成形成一个独立的部分。

[0065] 所述功能如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备)执行本申请实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器、随机存取存储器、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0066] 综上所述,本申请实施例提供一种陀螺仪漂移修正方法、装置、光电吊舱及飞行器,通过由接收的惯性姿态角以及陀螺仪测得的方位平台旋转角和俯仰平台旋转角,计算得到陀螺仪姿态角,并根据该陀螺仪姿态角、陀螺仪测得的陀螺仪原始角速率以及设定的陀螺仪角速率参数计算得到陀螺仪姿态估计角,从而根据该陀螺仪姿态估计角以及陀螺仪姿态角计算得到陀螺仪角速率漂移估计角,进而利用该陀螺仪角速率漂移估计角修正陀螺仪原始角速率,相比于现有技术,能够无需人为干预的前提下,实时的修正陀螺仪的零点漂移。

[0067] 以上所述仅为本申请的优选实施例而已,并不用于限制本申请,对于本领域的技术人员来说,本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。

[0068] 对于本领域技术人员而言,显然本申请不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本申请的精神或基本特征的情况下,能够以其它的具体形式实现本申请。因此,无论从哪一点来看,均应实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本申请的范围由所附权利要求要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本申请内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。

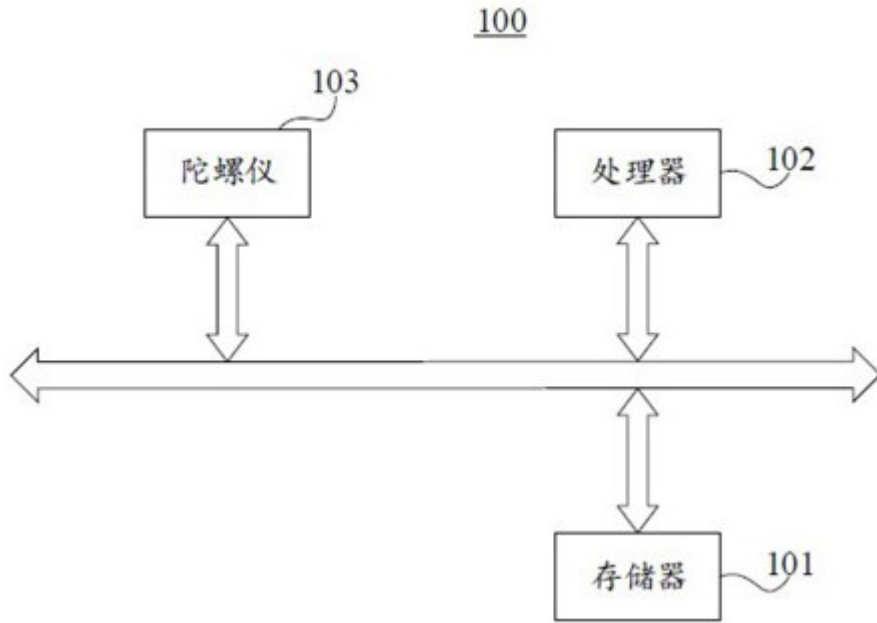


图1

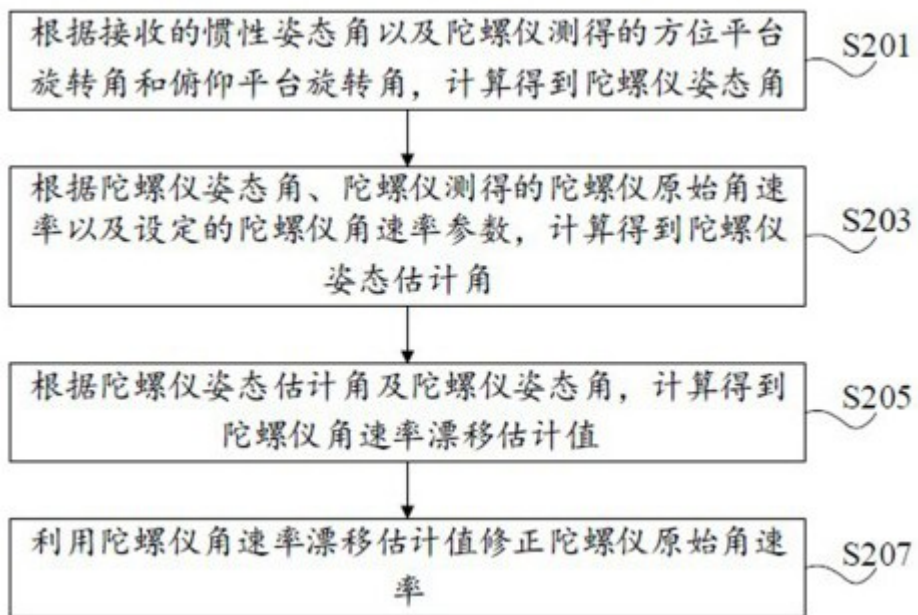


图2

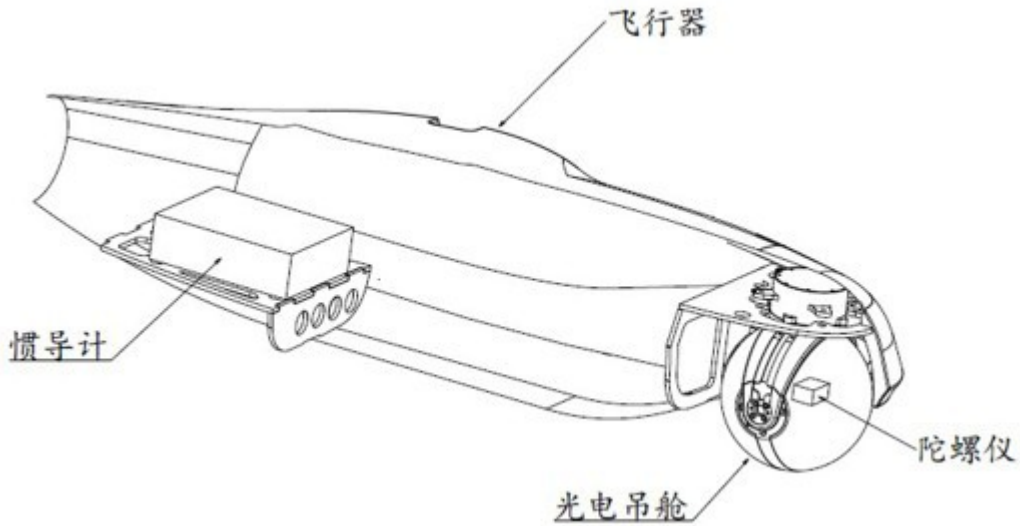


图3

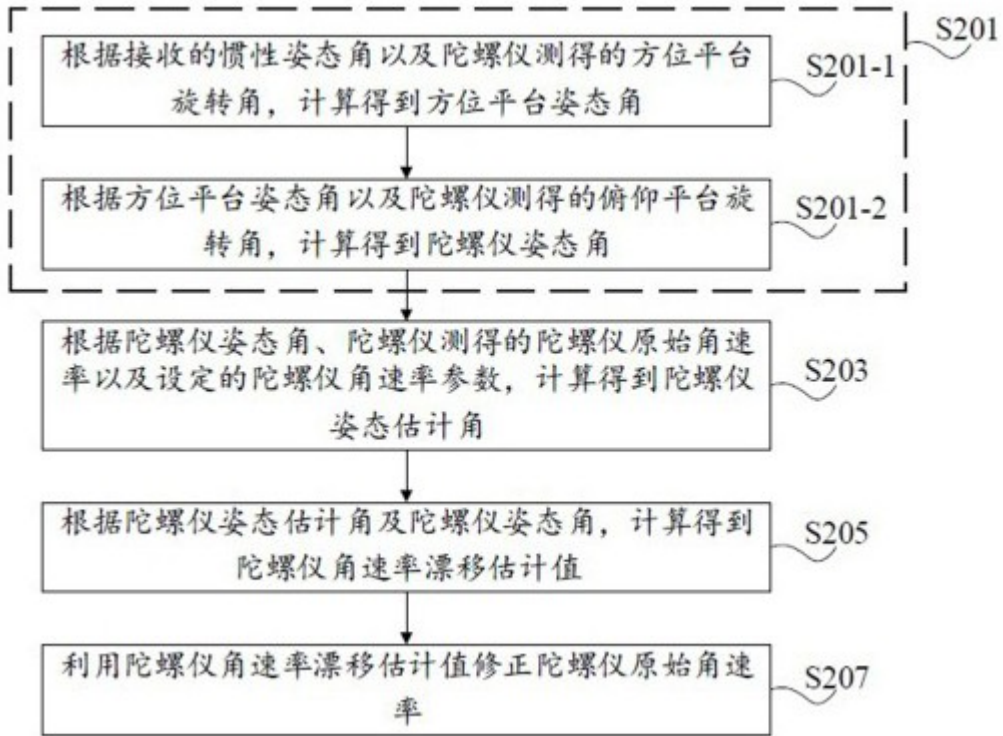


图4

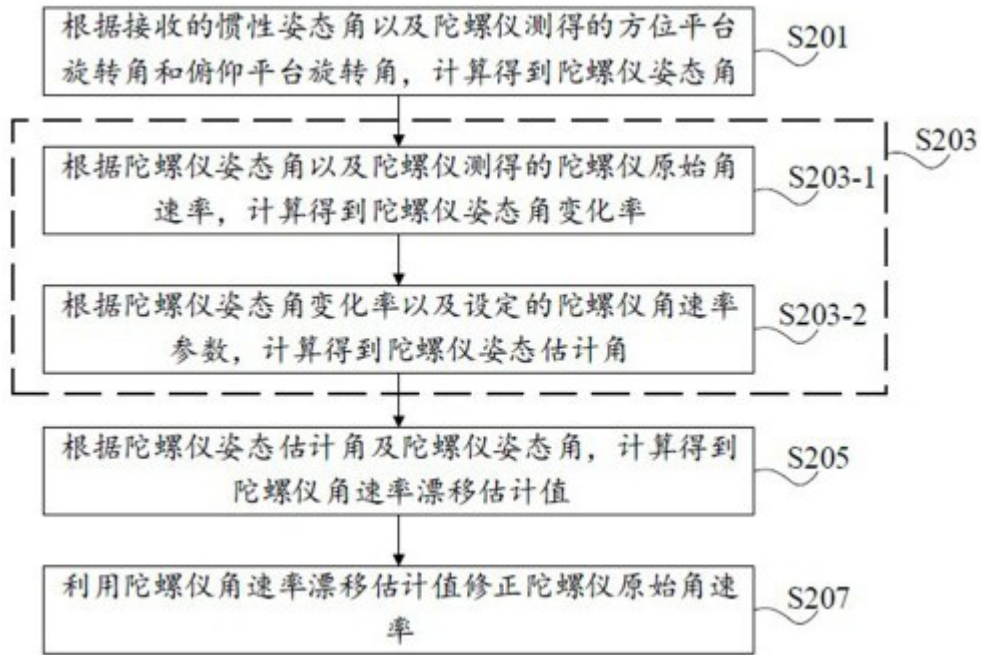


图5

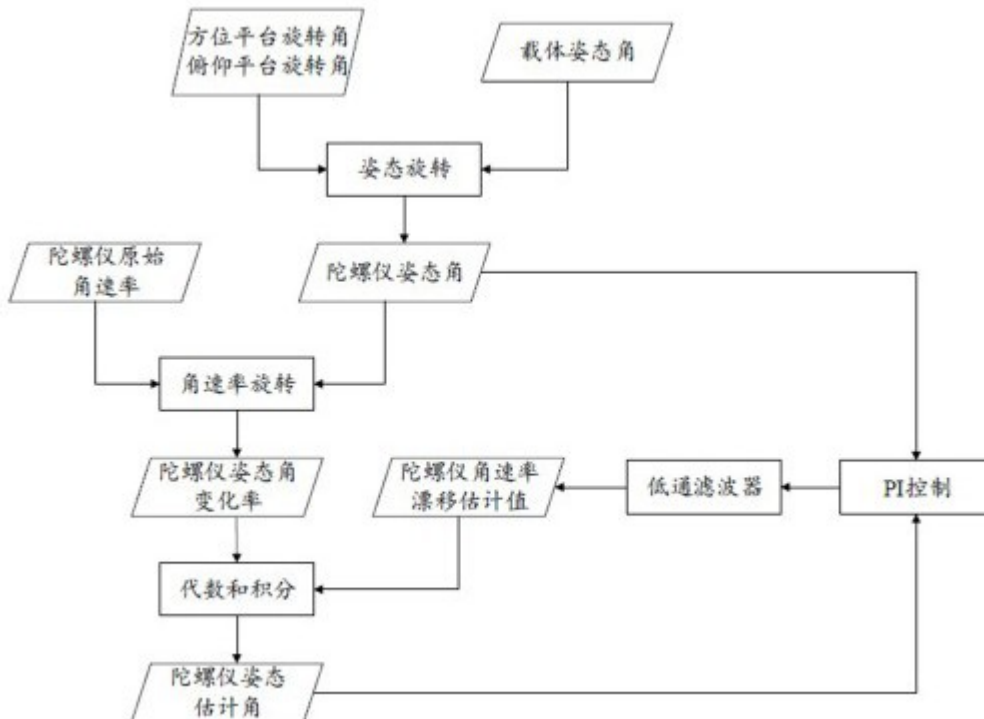


图6



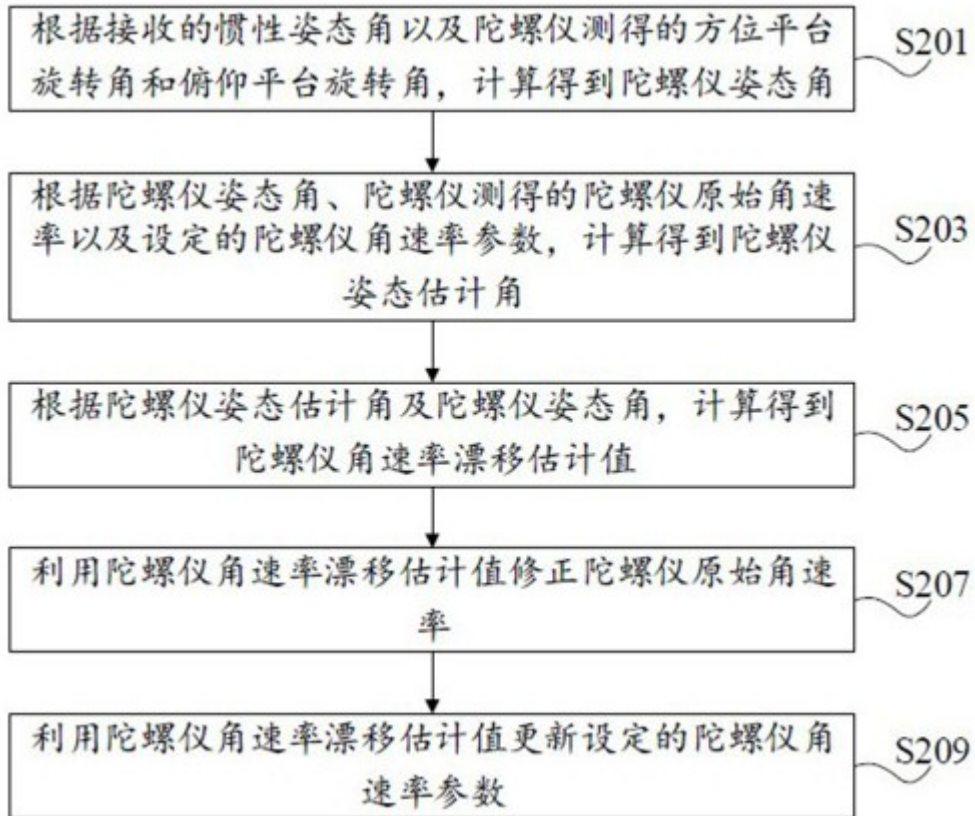


图7



图8