



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110030991 B

(45) 授权公告日 2022.12.02

(21) 申请号 201910270742.9

G01P 3/44 (2006.01)

(22) 申请日 2019.04.04

审查员 田颖

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110030991 A

(43) 申请公布日 2019.07.19

(73) 专利权人 湖南国科赢纳科技有限公司  
地址 410008 湖南省长沙市开福区芙蓉中路一段109号华创国际广场3号栋6楼

(72) 发明人 敖茉莉 陈湘南

(74) 专利代理机构 湖南兆弘专利事务所(普通合伙) 43008  
专利代理师 周长清

(51) Int. Cl.  
G01C 21/08 (2006.01)  
G01C 21/18 (2006.01)

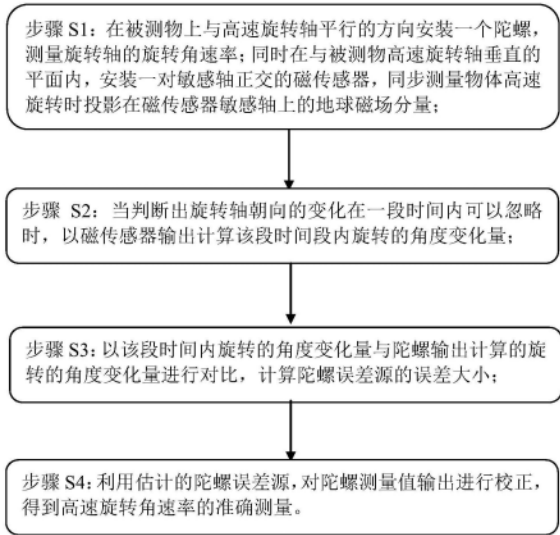
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

融合陀螺和磁强计的飞行物高速旋转角运动测量方法

(57) 摘要

一种融合陀螺和磁强计的飞行物高速旋转角运动测量方法,包括:步骤S1:在被测物上与高速旋转轴平行的方向安装一个陀螺,测量旋转轴的旋转角速率;在与被测物高速旋转轴垂直的平面内,安装一对敏感轴正交的磁传感器,同步测量物体高速旋转时投影在磁传感器敏感轴上的地球磁场分量;步骤S2:当判断出旋转轴朝向的变化在一段时间内可以忽略时,以磁传感器输出计算该段时间内旋转的角度变化量;步骤S3:该段时间内旋转的角度变化量与陀螺输出计算的旋转的角度变化量进行对比,计算陀螺误差源的误差大小;步骤S4:利用计算的陀螺误差,对陀螺测量值输出进行校正,得到高速旋转角速率的准确测量。本发明具有原理简单、操作简便、测量精度高等优点。



1. 一种融合陀螺和磁强计的飞行器高速旋转角运动测量方法,其特征在于,包括:

步骤S1:在被测物上与高速旋转轴平行的方向安装一个陀螺,测量旋转轴的旋转角速率;同时在与被测物高速旋转轴垂直的平面内,安装一对敏感轴正交的磁传感器,同步测量物体高速旋转时投影在磁传感器敏感轴上的地球磁场分量;

步骤S2:当判断出旋转轴朝向的变化在一段时间内可以忽略时,以磁传感器输出计算该段时间内旋转的角度变化量;

步骤S3:以该段时间内旋转的角度变化量与陀螺输出计算的旋转的角度变化量进行对比,计算陀螺误差源的误差大小;

步骤S4:利用计算得到的陀螺误差,对陀螺测量值输出进行校正,得到高速旋转角速率的准确测量。

2. 根据权利要求1所述的融合陀螺和磁强计的飞行器高速旋转角运动测量方法,其特征在于,所述陀螺测量旋转轴的旋转角速率,用下式表示:

$$\tilde{\omega}_{t_k} = (1 + \delta k) \omega_{t_k} + \varepsilon$$

$$\omega_{t_k} = (\tilde{\omega}_{t_k} - \varepsilon) / (1 + \delta k)$$

其中,  $\omega_{t_k}$  为  $t_k$  时刻飞行器高速旋转轴的真实旋转角速度,  $\tilde{\omega}_{t_k}$  为  $t_k$  时刻陀螺的输出,  $\delta k$  为陀螺的标度因数误差,  $\varepsilon$  为陀螺的零偏误差。

3. 根据权利要求2所述的融合陀螺和磁强计的飞行器高速旋转角运动测量方法,其特征在于,在所述磁传感器中,设当地地球磁场矢量为  $M$ , 地球磁场矢量投影到与高速旋转轴垂直的平面内的分量为  $M_s$ , 定义载体高速旋转方向为  $X$  轴,  $M_s$  的方向为  $Y_m$  轴,  $Z_m$  轴按照右手坐标系定义确定,则两个正交的磁传感器的敏感轴位于  $Y_m Z_m$  平面内;假设敏感轴位于  $Y_s$  和  $Z_s$ ,  $Y_m$  轴与  $Y_s$  轴的夹角为  $\theta$ , 则随着物体高速旋转,  $\theta$  不断变化;传感器测量误差为  $n_y$  和  $n_z$ , 则在  $t_k$  时刻,两个正交的磁传感器输出为:

$$m_{y,t_k} = M_s \cos \theta_{t_k} + n_y$$

$$m_{z,t_k} = M_s \sin \theta_{t_k} + n_z$$

其中,  $m_{y,t_k}$  和  $m_{z,t_k}$  为两个磁传感器  $t_k$  时刻的输出。

4. 根据权利要求1或2或3所述的融合陀螺和磁强计的飞行器高速旋转角运动测量方法,其特征在于,所述步骤S2中,通过计算一对磁传感器测量到的信号幅度的变化在一段时间内是否小于某个阈值来判断,当小于该阈值,则认为朝向变化没有发生变化。

5. 根据权利要求1或2或3所述的融合陀螺和磁强计的飞行器高速旋转角运动测量方法,其特征在于,所述步骤S2中,直接由外部其他传感器给出的该旋转轴的朝向值或者朝向的变化,并据此判断朝向变化是否可以忽略。

6. 根据权利要求1或2或3所述的融合陀螺和磁强计的飞行器高速旋转角运动测量方法,其特征在于,所述步骤S2中,直接在与旋转轴平行的方向安装第三个磁传感器,敏感地球磁场在旋转轴方向的投影分量,并判断该磁传感器输出信号的变化是否小于某个阈值,当小于该阈值,则认为朝向变化忽略。

7. 根据权利要求3所述的融合陀螺和磁强计的飞行器高速旋转角运动测量方法,其特征在于,所述步骤S2中,以磁传感器输出计算一个旋转的角度变化量,具体为:

$t_k$ 时刻夹角 $\theta_{i_k}$ 为:

$$\theta_{i_k} = \tan^{-1}(m_{z,t_k}/m_{y,t_k})$$

$t_k$ 时刻到 $t_{k+1}$ 时刻旋转的角度 $\Delta\theta_{i_k}$ 为:

$$\Delta\theta_{i_k} = \theta_{i_{k+1}} - \theta_{i_k}$$

则从 $t_M$ 到 $t_N$ 这段时间转动的角度 $\Theta_{M,N}$ 为:

$$\Theta_{M,N} = \sum_{i_k=t_M}^{i_k=t_N} \Delta\theta_{i_k}。$$

8. 根据权利要求7所述的融合陀螺和磁强计的飞行物高速旋转角运动测量方法,其特征在于,所述步骤S3中,以包含误差源的陀螺模型作为系统方程,以该段时间内的磁传感器输出计算的旋转的角度变化量为观测量构建观测方程,采用卡尔曼滤波对陀螺的误差源进行估计。

9. 根据权利要求8所述的融合陀螺和磁强计的飞行物高速旋转角运动测量方法,其特征在于,建立卡尔曼滤波系统方程:

$$X = [\delta k \varepsilon]^T$$

$$\dot{\delta k} = \eta_k$$

$$\dot{\varepsilon} = \eta_\omega$$

其中, $\eta_k$ 和 $\eta_\omega$ 分别为标度因数和零偏误差的驱动白噪声, $X$ 为卡尔曼滤波的系统状态向量;

建立如下观测方程:

$$z = \tilde{\theta}_{M,N} - \Theta_{M,N} = (t_N - t_M)\varepsilon + \Theta_{M,N}\delta k + v_m$$

其中, $z$ 表示卡尔曼滤波的观测量, $v_m$ 为观测噪声,大小与磁传感器的误差大小有关。

## 融合陀螺和磁强计的飞行器高速旋转角运动测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明主要涉及到高速旋转物体的旋转运动测量领域,特指一种融合陀螺和磁强计的飞行器高速旋转角运动测量方法。

### 背景技术

[0002] 为了简化控制,很多空中飞行器采用沿着某个轴高速旋转的方式,来实现飞行的自稳定。但由于高速旋转,如何实现对这些高速旋转的飞行物的运动测量,从而对其进行控制,则成为一个棘手的问题。

[0003] 传统上,可以采用陀螺来敏感载体角运动,比如通过3个正交安装的陀螺仪,可以测量飞行物的完整的角运动。但在高速旋转方向,由于转动的角速率很大,从而导致陀螺的标度因数误差对旋转角度的测量精度的影响很大,即使很小的标度因数误差也会导致很大的角度测量误差,因此很难实现对高速旋转的准确测量。

[0004] 另外常用的方法,如基于磁测滚转叫速率信息的高速旋转弹姿态估计方法CN201710395976.7、基于磁阻传感器的末制导迫击炮弹滚转姿态初始对准技术研究、基于双轴磁强计及GPS的滚转角测量方法等,均是是基于磁罗盘的思想,利用三轴磁强计以及其他传感器来计算,其核心思想是利用其他传感器首先测量并计算载体的俯仰角和(或)方位角,然后利用地磁场模型,计算滚转角,在获得三个欧拉角后,通过计算获得高速旋转轴的旋转角速率。这种方法的缺点在于:1)需要其他传感器提供3个角度中另外1个或2个角度的测量值;2)需要精确已知当地地球磁场模型。

[0005] Attitude determination of a spinning and tumbling rocket using data from two orthogonal magnetometers, Shu T.Lai, 1981. 讨论了使用2个正交的磁强计来测量,但其中一个的敏感轴朝向是高速旋转方向,并且主要用于测量载体的仰角。

[0006] 综上所述,对于那些相对地球做高速旋转的载体,还没有一种简单高效精确的方法,来对高速旋转轴的旋转角速率进行全飞行时间段内的有效测量。

### 发明内容

[0007] 本发明要解决的技术问题就在于:针对现有技术存在的技术问题,本发明提供一种原理简单、操作简便、测量精度高的融合陀螺和磁强计的飞行器高速旋转角运动测量方法。

[0008] 为解决上述技术问题,本发明采用以下技术方案:

[0009] 一种融合陀螺和磁强计的飞行器高速旋转角运动测量方法,其特征在于,包括:

[0010] 步骤S1:在被测物上与高速旋转轴平行的方向安装一个陀螺,测量旋转轴的旋转角速率;同时在与被测物高速旋转轴垂直的平面内,安装一对敏感轴正交的磁传感器,同步测量物体高速旋转时投影在磁传感器敏感轴上的地球磁场分量;

[0011] 步骤S2:当判断出旋转轴朝向的变化在一段时间内可以忽略时,以磁传感器输出计算该时间段内旋转的角度变化量;

[0012] 步骤S3:以该段时间内旋转的角度变化量与陀螺输出计算的旋转的角度变化量进行对比,计算陀螺误差源的误差大小;

[0013] 步骤S4:利用计算的陀螺误差,对陀螺测量值输出进行校正,得到高速旋转角速率的准确测量。

[0014] 作为本发明的进一步改进:所述陀螺测量旋转轴的旋转角速率,用下式表示:

$$[0015] \quad \tilde{\omega}_{t_k} = (1 + \delta k) \omega_{t_k} + \varepsilon$$

$$[0016] \quad \omega_{t_k} = (\tilde{\omega}_{t_k} - \varepsilon) / (1 + \delta k)$$

[0017] 其中, $\omega_{t_k}$ 为 $t_k$ 时刻飞行物高速旋转轴的真实旋转角速度, $\tilde{\omega}_{t_k}$ 为 $t_k$ 时刻陀螺的输出输出, $\delta k$ 为陀螺的标度因数误差, $\varepsilon$ 为陀螺的零偏误差。

[0018] 作为本发明的进一步改进:在所述磁传感器中,设当地地球磁场矢量为 $M$ ,地球磁场矢量投影到与高速旋转轴垂直的平面内的分量为 $M_s$ ,定义载体高速旋转方向为 $X$ 轴, $M_s$ 的方向为 $Y_m$ 轴, $Z_m$ 轴按照右手坐标系定义确定,则两个正交的磁传感器的敏感轴位于 $Y_m Z_m$ 平面内;假设敏感轴位于 $Y_s$ 和 $Z_s$ , $Y_m$ 轴与 $Y_s$ 轴的夹角为 $\theta$ ,则随着物体高速旋转, $\theta$ 不断变化;传感器测量误差为 $n_y$ 和 $n_z$ ,则在 $t_k$ 时刻,两个正交的磁传感器输出为:

$$[0019] \quad m_{y,t_k} = M_s \cos \theta_{t_k} + n_y$$

$$[0020] \quad m_{z,t_k} = M_s \sin \theta_{t_k} + n_z$$

[0021] 其中, $m_{y,t_k}$ 和 $m_{z,t_k}$ 为两个磁传感器 $t_k$ 时刻的输出,不考虑外界其它干扰软磁或者硬磁的影响;或者,假设这些干扰磁场已经经过磁校正与补偿,则磁传感器误差 $n_y$ 和 $n_z$ 很小,等效为噪声。

[0022] 作为本发明的进一步改进:所述步骤S2中,通过计算一对磁传感器测量到的信号幅度的变化在一段时间内是否小于某个阈值来判断,当小于该阈值,则认为朝向变化没有发生变化。

[0023] 作为本发明的进一步改进:所述步骤S2中,直接由外部其他传感器给出的该旋转轴的朝向值或者朝向的变化,并据此判断朝向变化是否可以忽略。

[0024] 作为本发明的进一步改进:所述步骤S2中,直接在与旋转轴平行的方向安装第三个磁传感器,敏感地球磁场在旋转轴方向的投影分量,并判断该磁传感器输出信号的变化是否小于某个阈值,当小于该阈值,则认为朝向变化忽略。

[0025] 作为本发明的进一步改进:所述步骤S2中,以磁传感器输出计算一个旋转的角度变化量,具体为:

[0026]  $t_k$ 时刻夹角 $\theta_{t_k}$ 为:

$$[0027] \quad \theta_{t_k} = \tan^{-1}(m_{z,t_k} / m_{y,t_k})$$

[0028]  $t_k$ 时刻到 $t_{k+1}$ 时刻旋转的角度 $\Delta\theta_{t_k}$ 为:

$$[0029] \quad \Delta\theta_{t_k} = \theta_{t_{k+1}} - \theta_{t_k}$$

[0030] 则从 $t_M$ 到 $t_N$ 这段时间转动的角度 $\Theta_{M,N}$ 为:

$$[0031] \quad \Theta_{M,N} = \sum_{t_k=t_M}^{t_k=t_N} \Delta\theta_{t_k}。$$

[0032] 作为本发明的进一步改进:所述步骤S3中,以包含误差源的陀螺模型作为系统方程,以该段时间内的磁传感器输出计算的旋转的角度变化量为观测量构建观测方程,采用卡尔曼滤波对陀螺的误差源进行估计。

[0033] 作为本发明的进一步改进:建立卡尔曼滤波系统方程:

$$[0034] \quad X = [\delta k \varepsilon]^T$$

$$[0035] \quad \dot{\delta k} = \eta_k$$

$$[0036] \quad \dot{\varepsilon} = \eta_\omega$$

[0037] 其中, $\eta_k$ 和 $\eta_\omega$ 分别为标度因数和零偏误差的驱动白噪声, $X$ 为卡尔曼滤波的系统状态向量;

[0038] 建立如下观测方程:

$$[0039] \quad z = \tilde{\theta}_{M,N} - \Theta_{M,N} = (t_N - t_M)\varepsilon + \Theta_{M,N}\delta k + v_m$$

[0040] 其中, $z$ 表示卡尔曼滤波的观测量, $v_m$ 为观测噪声,大小与磁传感器的误差大小有关。

[0041] 与现有技术相比,本发明的优点在于:本发明的融合陀螺和磁强计的飞行物高速旋转角运动测量方法,原理简单、操作简便,通过在与高速旋转轴垂直的平面内,安装多个磁传感器,并测量地球磁场,根据高速旋转时磁传感器测量值的变化规律来计算旋转角速率,从而能够实现沿载体高速旋转轴旋转角速度的简单精确测量,而且不需要精确的地球磁场模型,误差不积累。

## 附图说明

[0042] 图1是本发明方法的流程示意图。

[0043] 图2是本发明在具体应用实例中结构原理示意图。

## 具体实施方式

[0044] 以下将结合说明书附图和具体实施例对本发明做进一步详细说明。

[0045] 如图1所示,本发明的一种融合陀螺和磁强计的飞行物高速旋转角运动测量方法,包括:

[0046] 步骤S1:在被测物上与高速旋转轴平行的方向安装一个陀螺,测量旋转轴的旋转角速率;同时在与被测物高速旋转轴垂直的平面内,安装一对敏感轴正交的磁传感器,同步测量物体高速旋转时投影在磁传感器敏感轴上的地球磁场分量;

[0047] 步骤S2:当判断出旋转轴朝向的变化在一段时间内可以忽略时,以磁传感器输出计算该段时间段内旋转的角度变化量;

[0048] 步骤S3:以该段时间内旋转的角度变化量与陀螺输出计算的旋转的角度变化量进行对比,计算陀螺误差源的误差大小;

[0049] 步骤S4:利用计算的陀螺误差,对陀螺测量值输出进行校正,得到高速旋转角速率的准确测量。

[0050] 在具体应用实例中,所述在与高速旋转轴平行的方向安装一个陀螺,测量旋转轴的旋转角速率,是指由于高速旋转,导致陀螺的标度因数误差不可忽略,因此其测量输出的旋转角速率,可以用下式表示:

$$[0051] \quad \tilde{\omega}_{t_k} = (1 + \delta k) \omega_{t_k} + \varepsilon \quad (1)$$

$$[0052] \quad \omega_{t_k} = (\tilde{\omega}_{t_k} - \varepsilon) / (1 + \delta k) \quad (2)$$

[0053] 这里,  $\omega_{t_k}$  为  $t_k$  时刻飞行物高速旋转轴的真实旋转角速度,  $\tilde{\omega}_{t_k}$  为  $t_k$  时刻陀螺的输出输出,  $\delta k$  为陀螺的标度因数误差,  $\varepsilon$  为陀螺的零偏误差。

[0054] 在具体应用实例中,所述在与被测物高速旋转轴垂直的平面内,安装一对敏感轴正交的磁传感器,同步测量物体高速旋转时投影在磁传感器敏感轴上的地球磁场分量,具体为:

[0055] 设当地地球磁场矢量为  $M$ , 地球磁场矢量投影到与高速旋转轴垂直的平面内的分量为  $M_s$ , 定义载体高速旋转方向为  $X$  轴,  $M_s$  的方向为  $Y_m$  轴,  $Z_m$  轴按照右手坐标系定义确定。则两个正交的磁传感器的敏感轴位于  $Y_m Z_m$  平面内, 假设敏感轴位于  $Y_s$  和  $Z_s$ ,  $Y_m$  轴与  $Y_s$  轴的夹角为  $\theta$ , 则随着物体高速旋转,  $\theta$  不断变化。传感器测量误差为  $n_y$  和  $n_z$ , 则在  $t_k$  时刻, 两个正交的磁传感器输出为:

$$[0056] \quad \begin{aligned} m_{y,t_k} &= M_s \cos \theta_{t_k} + n_y \\ m_{z,t_k} &= M_s \sin \theta_{t_k} + n_z \end{aligned} \quad (3)$$

[0057] 这里,  $m_{y,t_k}$  和  $m_{z,t_k}$  为两个磁传感器  $t_k$  时刻的输出, 不考虑外界其它干扰软磁或者硬磁的影响, 或者假设这些干扰磁场已经经过磁校正与补偿, 则磁传感器误差  $n_y$  和  $n_z$  很小, 可以等效为噪声。

[0058] 在一个具体应用实例中,所述判断出旋转轴朝向的变化在一段时间内可以忽略是指:通过计算这对磁传感器测量到的信号幅度的变化在一段时间内是否小于某个阈值来判断,当小于该阈值,则认为朝向变化没有发生变化,具体为:

[0059] 则  $t_k$  时刻磁传感器测量到的地球磁场分量的幅度  $|\mathbf{M}_{s,t_k}|$  为:

$$[0060] \quad |\mathbf{M}_{s,t_k}| = \sqrt{m_{y,t_k}^2 + m_{z,t_k}^2} \quad (4)$$

[0061] 则计算  $t_M$  时刻到  $t_N$  时刻时间段内高速旋转轴的朝向是否变化,就是判断下式

[0062] 是否成立:

$$[0063] \quad -\sigma < |\mathbf{M}_{s,t_k}| - \text{mean}(|\mathbf{M}_{s,t_k}|) < \sigma, \quad t_k \in [t_M, t_N] \quad (5)$$

[0064] 这里  $\text{mean}(|\mathbf{M}_{s,t_k}|)$  表示对  $\text{mean}(\mathbf{M}_{s,t_k})$  在时间段  $[t_M, t_N]$  求均值。 $\sigma$  为阈值,其大小与磁传感器误差相关。

[0065] 在另一个具体应用实例中,所述的判断出旋转轴朝向的变化在一段时间内可以忽略,是指可以直接由外部其他传感器给出的该旋转轴的朝向值或者朝向的变化,并据此判断朝向变化是否可以忽略。

[0066] 在第三个具体应用实例中,所述的判断出旋转轴朝向的变化在一段时间内可以忽

略,是指可以直接在与旋转轴平行的方向,安装第三个磁传感器,敏感地球磁场在旋转轴方向的投影分量,并判断该磁传感器输出信号的变化是否小于某个阈值,当小于该阈值,则认为朝向变化可以忽略,具体为:

$$[0067] \quad -\sigma_c < m_{c,t_k} - \text{mean}(m_{c,t_k}) < \sigma_c, \quad t_k \in [t_M, t_N] \quad (6)$$

[0068] 这里 $m_c$ 表示该磁传感器的输出, $\text{mean}(m_{c,t_k})$ 表示对 $m_{c,t_k}$ 在时间段 $[t_M, t_N]$ 求均值。 $\sigma_c$ 为阈值,其大小与该磁传感器误差相关。

[0069] 可以理解,上述方法仅为本发明较佳的实施例而已,采用上述方法之外的方式,只要能够达到本发明的目的,也应在本发明的保护范围之内。

[0070] 在具体应用实例中,所述以磁传感器输出计算一个旋转的角度变化量,具体为:

[0071]  $t_k$ 时刻夹角 $\theta_{t_k}$ 为:

$$[0072] \quad \theta_{t_k} = \tan^{-1}(m_{z,t_k} / m_{y,t_k}) \quad (7)$$

[0073]  $t_k$ 时刻到 $t_{k+1}$ 时刻旋转的角度 $\Delta\theta_{t_k}$ 为:

$$[0074] \quad \Delta\theta_{t_k} = \theta_{t_{k+1}} - \theta_{t_k} \quad (8)$$

[0075] 则从 $t_M$ 到 $t_N$ 这段时间转动的角度 $\Theta_{M,N}$ 为:

$$[0076] \quad \Theta_{M,N} = \sum_{t_k=t_M}^{t_k=t_N} \Delta\theta_{t_k} \quad (9)。$$

[0077] 在具体应用实例中,所述以该段时间内的磁传感器计算的旋转的角度变化量和陀螺输出计算的旋转的角度变化量进行对比,计算陀螺的主要误差源的误差大小,可以是采用最优估计的方法,以包含其主要误差源的陀螺模型作为系统方程,以该段时间内的磁传感器输出计算的旋转的角度变化量为观测量构建观测方程,采用卡尔曼滤波对陀螺的主要误差源进行估计,具体为:

[0078] 建立如下卡尔曼滤波系统方程:

$$\mathbf{X} = [\delta k \quad \varepsilon]^T$$

$$[0079] \quad \dot{\delta k} = \eta_k \quad (11)$$

$$\dot{\varepsilon} = \eta_\omega$$

[0080] 这里 $\eta_k$ 和 $\eta_\omega$ 分别为标度因数和零偏误差的驱动白噪声, $X$ 为卡尔曼滤波的系统状态向量。

[0081] 建立如下观测方程:

$$[0082] \quad z = \tilde{\theta}_{M,N} - \Theta_{M,N} = (t_N - t_M)\varepsilon + \Theta_{M,N}\delta k + v_m \quad (12)$$

[0083] 这里 $z$ 表示卡尔曼滤波的观测量, $v_m$ 为观测噪声,大小与磁传感器的误差大小有关。这里卡尔曼滤波为常规方式。

[0084] 由于计算的旋转角度变化量与 $M_s$ 以及 $M$ 的大小均无关,只与 $M_s$ 的朝向有关,因此该方法不仅仅可用于高速旋转的测量,也可用于任意空中飞行物现对于地球的转动运动的测量。

[0085] 如果只采用磁强计的方式,其前提是地球磁场在磁传感器敏感面内投影的方向必



须不发生变化。而大多数的空中旋转物体由于姿态的变化,很难全程做到这一点。另一方面,很有可能在一定时间段内,地球磁场正好与高速旋转轴一致,则磁传感器的输出为零,没有办法对其进行测量并计算。该方法只对一定的时间段有效,不能全程有效。因此,本发明的方法就能够很好的解决该问题。

[0086] 在一个具体应用实例中,一个详细的处理流程为:

[0087] S101:同步采集2个正交安装的磁传感器输出以及陀螺输出;

[0088] S102:根据式(2)对陀螺输出进行校正;

[0089] S103:根据式(5)判断旋转轴朝向变化是否可以忽略;如果不可以忽略,则转至S101);如果可以忽略,则转S104)

[0090] S104:根据式(9)计算转动角 $\Theta_k$

[0091] S105:根据式(11)和式(12)计算系统方程可观测方程,并利用卡尔曼滤波进行状态估计;

[0092] S106:转至1)。

[0093] 以上仅是本发明的优选实施方式,本发明的保护范围并不仅限于上述实施例,凡属于本发明思路下的技术方案均属于本发明的保护范围。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理前提下的若干改进和润饰,应视为本发明的保护范围。

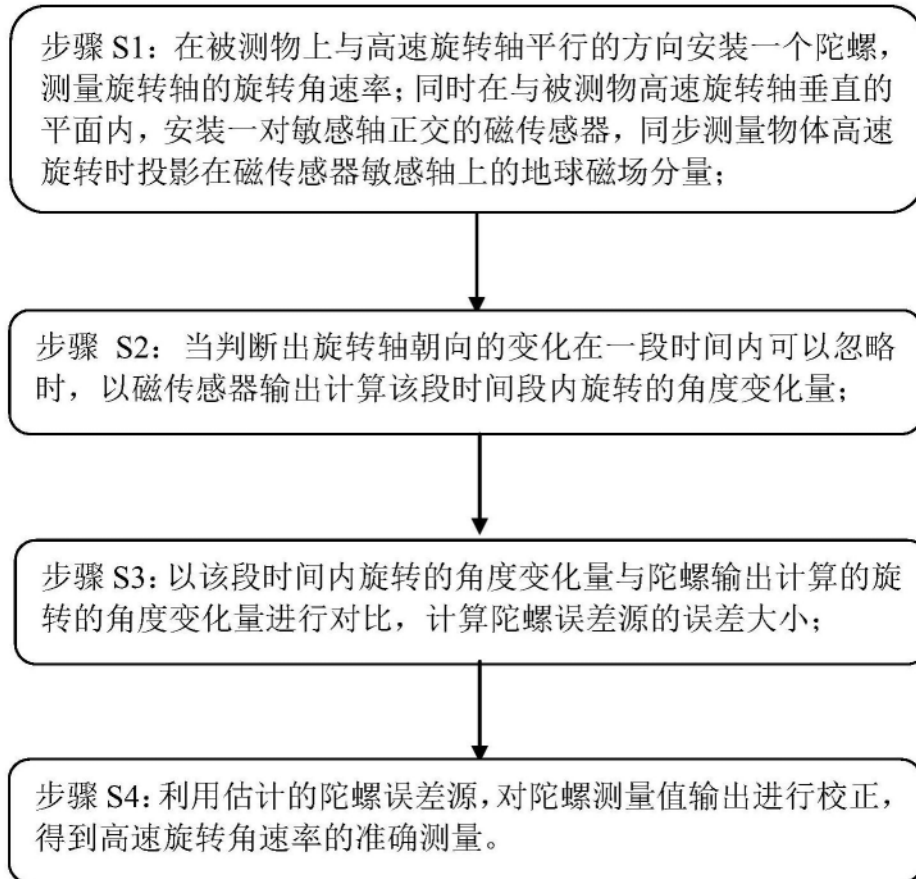


图1

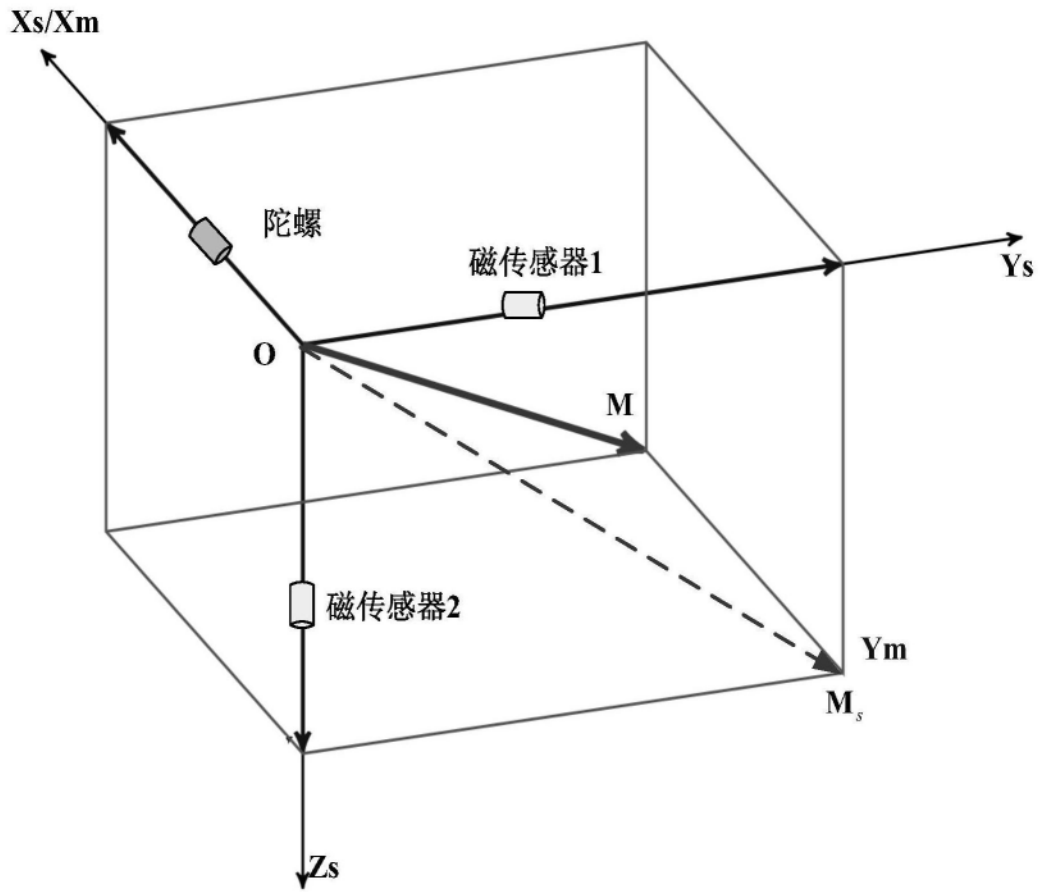


图2