



(21) 申请号 202110717040.8

G01C 25/00 (2006.01)

(22) 申请日 2021.06.28

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

AU 2020101544 A4, 2020.09.03

申请公布号 CN 113607080 A

CN 106525073 A, 2017.03.22

(43) 申请公布日 2021.11.05

CN 107796392 A, 2018.03.13

(73) 专利权人 湖南宏动光电有限公司

CN 109459065 A, 2019.03.12

地址 410205 湖南省长沙市高新开发区旺
龙路56号1栋工业用房(软件生产楼)
101-8楼

CN 110285838 A, 2019.09.27

CN 111141251 A, 2020.05.12

JP H02100111 A, 1990.04.12

US 2005150121 A1, 2005.07.14

(72) 发明人 周欢喜 杨俊波 贾红辉

郝小鹏; 苏敏; 李雪玲; 崔向宇. 三轴陀螺稳定平台空间解耦算法及其工程设计. 机械设计与研究. 2019, (第06期), 第72-76页.

(74) 专利代理机构 广州市红荔专利代理有限公司
44214

赵慧; 熊智; 施丽娟; 郁丰; 林爱军. 基于惯性系下陀螺误差在线估计修正的惯性与星光组合导航方法. 兵工学报. 2016, (第12期), 第2259-2267页.

专利代理师 胡昌国

审查员 龚梦

(51) Int. Cl.

G01B 11/24 (2006.01)

G01B 11/00 (2006.01)

G01C 21/18 (2006.01)

G01C 21/16 (2006.01)

权利要求书3页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

一种实现惯性空间扫描成像的方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种实现惯性空间扫描成像的方法及系统, 该实现惯性空间扫描成像的方法包括以下步骤: 通过陀螺积分、误差分析及补偿, 得出光具座相对惯性空间的实时三轴姿态; 根据得出的光具座相对惯性空间的实时三轴姿态, 建立欧拉坐标变换矩阵; 按照惯性空间扫描基线及扫描速度要求, 分解惯性空间扫描速度向量, 通过建立的欧拉坐标变换矩阵解耦驱动机电轴系协同运动。本发明提供的实现惯性空间扫描成像的方法及系统, 实现了惯性空间稳定基线的搜索扫描, 陀螺漂移小且陀螺速度控制稳定。



1. 一种实现惯性空间扫描成像的方法,其特征在于,包括以下步骤:

通过陀螺积分、误差分析及补偿,得出光具座相对惯性空间的实时三轴姿态;

根据得出的光具座相对惯性空间的实时三轴姿态,建立欧拉坐标变换矩阵;

按照惯性空间扫描基线及扫描速度要求,分解惯性空间扫描速度向量,通过建立的欧拉坐标变换矩阵解耦驱动机电轴系协同运动;

所述按照惯性空间扫描基线及扫描速度要求,分解惯性空间扫描速度向量,通过建立的欧拉坐标变换矩阵解耦驱动机电轴系协同运动的步骤包括:

惯性搜索角速度向量通过车体姿态 $(\varphi_1 \ \varphi_2 \ \varphi_3)$ 欧拉变换投影到车体坐标系 $OX_1Y_1Z_1$;

根据车体姿态与光电系统的机电轴系之间的角度关系,通过 $(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)$ 欧拉变换解耦到光电坐标系 $OX_2Y_2Z_2$,按解耦向量分别闭环控制光电轴系,采用轴系编码器角位移及角速率闭环,使光电搜索跟踪装置运动满足方位陀螺输出角速率等于设定搜索速度,俯仰、滚转陀螺角速率等于零;

所述通过陀螺积分、误差分析及补偿,得出光具座相对惯性空间的三轴姿态的步骤包括:

初始对准及系统标定:进行定位定向、陀螺或惯性导航组件初始化进行标定对准,建立系统惯性坐标系;

陀螺积分并进行误差分析补偿,求解光电系统惯性姿态角 $(\alpha \ \beta \ \gamma)$,所述光电系统惯性姿态角 $(\alpha \ \beta \ \gamma)$ 的求解通过下式得出:

$$\begin{aligned} (\alpha \ \beta \ \gamma) &= (\varphi_1 + \theta_1 \ \varphi_2 + \theta_2 \ \varphi_3 + \theta_3) \\ &= \int_0^t (\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3) dt \end{aligned}$$

其中, $(\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3)$ 为陀螺角速率; $(\varphi_1 \ \varphi_2 \ \varphi_3)$ 为车体姿态; $(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)$ 为欧拉变换解耦; $(\varphi_1 + \theta_1 \ \varphi_2 + \theta_2 \ \varphi_3 + \theta_3)$ 为光具座相对于惯性坐标系的实时方位、俯仰、滚转角。

2. 如权利要求1所述的实现惯性空间扫描成像的方法,其特征在于,所述根据车体姿态与光电系统的机电轴系之间的角度关系,通过 $(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)$ 欧拉变换解耦到光电坐标系 $OX_2Y_2Z_2$,按解耦向量分别闭环控制光电轴系,采用轴系编码器角位移及角速率闭环,使光电搜索跟踪装置运动满足方位陀螺输出角速率等于设定搜索速度,俯仰、滚转陀螺角速率等于零的步骤包括:

计算出机电轴系的速度解耦控制相互关系及要求;

机电轴系的速度解耦控制:实时采样陀螺及电机轴系编码器输出,经信号调理变换,陀螺实时积分输出光具座的姿态角;

机电轴系采用电流环、电机速度内环、惯性速度外环的双速度控制回路实施闭环控制。

3. 如权利要求2所述的实现惯性空间扫描成像的方法,其特征在于,所述机电轴系的速度解耦控制相互关系包括机电轴系解耦反馈速度向量,所述机电轴系解耦反馈速度向量为:

$$d(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)/dt$$

$$= \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos \beta & -\sin \beta & \sin \alpha \cos \beta \\ \sin \beta \cos \alpha \cos \gamma + \sin \alpha \sin \gamma & \cos \beta \cos \gamma & \sin \alpha \sin \beta \cos \gamma - \cos \alpha \sin \gamma \\ \sin \beta \cos \alpha \sin \gamma - \sin \alpha \cos \gamma & \cos \beta \sin \gamma & \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma + \cos \alpha \cos \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix}$$

其中, $(\varphi_1 \ \varphi_2 \ \varphi_3)$ 为车体姿态; $(\alpha \ \beta \ \gamma)$ 为光电系统惯性姿态角; $(\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3)$ 为陀螺角速率, $(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)$ 为欧拉变换解耦。

4. 如权利要求3所述的实现惯性空间扫描成像的方法, 其特征在于, 所述机电轴系的速度解耦控制相互关系包括陀螺角速率, 所述陀螺角速率为:

$$(\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3)$$

$$= \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos \beta & -\cos \alpha \sin \beta \cos \gamma - \sin \alpha \sin \gamma & -\cos \alpha \sin \beta \sin \gamma - \sin \alpha \cos \gamma \\ \sin \beta & \cos \beta \cos \gamma & -\cos \beta \sin \gamma \\ \sin \alpha \cos \beta & -\sin \alpha \sin \beta \cos \gamma + \cos \alpha \sin \gamma & -\sin \alpha \sin \beta \sin \gamma + \cos \alpha \cos \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d\theta_1 \\ d\theta_2 \\ d\theta_3 \end{pmatrix}$$

其中, $(\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3)$ 为陀螺角速率; $(\varphi_1 \ \varphi_2 \ \varphi_3)$ 为车体姿态; $(\alpha \ \beta \ \gamma)$ 为光电系统惯性姿态角; $(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)$ 为欧拉变换解耦。

5. 如权利要求4所述的实现惯性空间扫描成像的方法, 其特征在于, 所述机电轴系的速度解耦控制相互关系包括机电轴系解耦驱动速度向量, 所述机电轴系解耦驱动速度向量为:

$$\Delta d(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)/dt$$

$$= \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos \beta & -\sin \beta & \sin \alpha \cos \beta \\ \sin \beta \cos \alpha \cos \gamma + \sin \alpha \sin \gamma & \cos \beta \cos \gamma & \sin \alpha \sin \beta \cos \gamma - \cos \alpha \sin \gamma \\ \sin \beta \cos \alpha \sin \gamma - \sin \alpha \cos \gamma & \cos \beta \sin \gamma & \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma + \cos \alpha \cos \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

最终, 使系统满足: $(\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3) = (\omega_0 \ 0 \ 0)$

其中, $(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)$ 为欧拉变换解耦; $(\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3)$ 为陀螺角速率; $(\varphi_1 \ \varphi_2 \ \varphi_3)$ 为车体姿态; $(\alpha \ \beta \ \gamma)$ 为光电系统惯性姿态角; ω_0 为设定搜索速度。

6. 如权利要求5所述的实现惯性空间扫描成像的方法, 其特征在于, 所述机电轴系的速度解耦控制的步骤中, 控制系统速度闭环的控制偏差量为:

$$\Delta U_t = (\Delta d(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)/dt - d(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)/dt)$$

其中, $\Delta d(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)/dt$ 为机电轴系解耦驱动速度向量; $d(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)/dt$ 为机电轴系解耦反馈速度向量。

7. 一种实现惯性空间扫描成像的系统, 应用于如权利要求1至6任意一项所述的实现惯性空间扫描成像的方法中, 其特征在于, 包括:

三轴姿态获取模块(10), 用于通过陀螺积分、误差分析及补偿, 得出光具座相对惯性空间的实时三轴姿态;

欧拉坐标变换矩阵建立模块(20), 用于根据得出的光具座相对惯性空间的实时三轴姿态, 建立欧拉坐标变换矩阵;

机电轴系解耦模块(30), 用于按照惯性空间扫描基线及扫描速度要求, 分解惯性空间扫描速度向量, 通过建立的欧拉坐标变换矩阵解耦驱动机电轴系协同运动;

所述机电轴系解耦模块(30)包括:

投影单元(31), 用于惯性搜索角速度向量通过车体姿态 $(\varphi_1 \ \varphi_2 \ \varphi_3)$ 欧拉变换投影到车体坐标系 $OX_1Y_1Z_1$;

解耦向量控制单元(32),用于根据车体姿态与光电系统的机电轴系之间的角度关系,通过(θ_1 θ_2 θ_3)欧拉变换解耦到光电坐标系 $Ox_2Y_2Z_2$,按解耦向量分别闭环控制光电轴系,采用轴系编码器角位移及角速率闭环,使光电搜索跟踪装置运动满足方位陀螺输出角速率等于设定搜索速度,俯仰、滚转陀螺角速率等于零。

8.如权利要求7所述的实现惯性空间扫描成像的系统,其特征在于,所述三轴姿态获取模块(10)包括:

标定单元(11),用于初始对准及系统标定,进行定位定向、陀螺或惯性导航组件初始化进行标定对准,建立系统惯性坐标系;

求解单元(12),用于陀螺积分并进行误差分析补偿,求解光电系统惯性姿态角(α β γ)。

9.如权利要求8所述的实现惯性空间扫描成像的系统,其特征在于,所述解耦向量控制单元(32)包括:

计算子单元(321),用于计算出机电轴系的速度解耦控制相互关系及要求;

解耦控制子单元(322),用于机电轴系的速度解耦控制,实时采样陀螺及电机轴系编码器输出,经信号调理变换,陀螺实时积分输出光具座的姿态角;

闭环控制子单元(323),用于机电轴系采用电流环、电机速度内环、惯性速度外环的双速度控制回路实施闭环控制。

一种实现惯性空间扫描成像的方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及光电成像技术领域,尤其公开了一种实现惯性空间扫描成像的方法及系统。

背景技术

[0002] 惯性空间可理解为宇宙空间,由于宇宙是无限的,要描述相对惯性空间的运动,需要有具体的参照物才有意义。即要在宇宙空间找到不受力或受力的合力为零的物体,它们在惯性空间绝对保持静止或匀速直线运动,以它们为参照物构成的参照系就是惯性参照系。

[0003] 在现有技术中,实现惯性空间扫描成像一般采用三轴光纤陀螺控制三轴伺服转台按惯性空间实现稳速扫描,但是存在的核心问题有:一、复杂噪声环境下信号放大与变换,陀螺漂移补偿与修正;二、陀螺稳速控制算法研究与实现。

[0004] 因此,现有惯性空间扫描成像存在的缺陷,是一件亟待解决的技术问题。

发明内容

[0005] 本发明提供了一种实现惯性空间扫描成像的方法及系统,旨在解决现有惯性空间扫描成像存在的缺陷的技术问题。

[0006] 本发明的一方面涉及一种实现惯性空间扫描成像的方法,包括以下步骤:

[0007] 通过陀螺积分、误差分析及补偿,得出光具座相对惯性空间的实时三轴姿态;

[0008] 根据得出的光具座相对惯性空间的实时三轴姿态,建立欧拉坐标变换矩阵;

[0009] 按照惯性空间扫描基线及扫描速度要求,分解惯性空间扫描速度向量,通过建立的欧拉坐标变换矩阵解耦驱动机电轴系协同运动;

[0010] 进一步地,按照惯性空间扫描基线及扫描速度要求,分解惯性空间扫描速度向量,通过建立的欧拉坐标变换矩阵解耦驱动机电轴系协同运动的步骤包括:

[0011] 惯性搜索角速度向量通过车体姿态($\varphi_1 \ \varphi_2 \ \varphi_3$)欧拉变换投影到车体坐标系 $OX_1Y_1Z_1$;

[0012] 根据车体姿态与光电系统的机电轴系之间的角度关系,通过($\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3$)欧拉变换解耦到光电坐标系 $OX_2Y_2Z_2$,按解耦向量分别闭环控制光电轴系,采用轴系编码器角位移及角速率闭环,使光电搜索跟踪装置运动满足方位陀螺输出角速率等于设定搜索速度,俯仰、滚转陀螺角速率等于零。

[0013] 进一步地,通过陀螺积分、误差分析及补偿,得出光具座相对惯性空间的三轴姿态的步骤包括:

[0014] 初始对准及系统标定:进行定位定向、陀螺或惯性导航组件初始化进行标定对准,建立系统惯性坐标系;

[0015] 陀螺积分并进行误差分析补偿,求解光电系统惯性姿态角($\alpha \ \beta \ \gamma$),光电系统惯性姿态角($\alpha \ \beta \ \gamma$)的求解通过下式得出:

$$\begin{aligned}
 (\alpha \quad \beta \quad \gamma) &= (\varphi 1 + \theta 1 \quad \varphi 2 + \theta 2 \quad \varphi 3 + \theta 3) \\
 [0016] \quad &= \int_0^t (\omega 1 \quad \omega 2 \quad \omega 3) dt
 \end{aligned}$$

[0017] 其中, $(\omega 1 \quad \omega 2 \quad \omega 3)$ 为陀螺角速率; $(\varphi 1 \quad \varphi 2 \quad \varphi 3)$ 为车体姿态; $(\theta 1 \quad \theta 2 \quad \theta 3)$ 为欧拉变换解耦; $(\varphi 1 + \theta 1 \quad \varphi 2 + \theta 2 \quad \varphi 3 + \theta 3)$ 为光具座相对于惯性坐标系的实时方位、俯仰、滚转角。

[0018] 进一步地, 根据车体姿态与光电系统的机电轴系之间的角度关系, 通过 $(\theta 1 \quad \theta 2 \quad \theta 3)$ 欧拉变换解耦到光电坐标系 $OX_2Y_2Z_2$, 按解耦向量分别闭环控制光电轴系, 采用轴系编码器角位移及角速率闭环, 使光电搜索跟踪装置运动满足方位陀螺输出角速率等于设定搜索速度, 俯仰、滚转陀螺角速率等于零的步骤包括:

[0019] 计算出机电轴系的速度解耦控制相互关系及要求;

[0020] 机电轴系的速度解耦控制: 实时采样陀螺及电机轴系编码器输出, 经信号调理变换, 陀螺实时积分输出光具座的姿态角;

[0021] 机电轴系采用电流环、电机速度内环、惯性速度外环的双速度控制回路实施闭环控制。

[0022] 进一步地, 机电轴系的速度解耦控制相互关系包括机电轴系解耦反馈速度向量, 机电轴系解耦反馈速度向量为:

$$\begin{aligned}
 &d(\theta 1 \quad \theta 2 \quad \theta 3)/dt \\
 [0023] \quad &= \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos \beta & -\sin \beta & \sin \alpha \cos \beta \\ \sin \beta \cos \alpha \cos \gamma + \sin \alpha \sin \gamma & \cos \beta \cos \gamma & \sin \alpha \sin \beta \cos \gamma - \cos \alpha \sin \gamma \\ \sin \beta \cos \alpha \sin \gamma - \sin \alpha \cos \gamma & \cos \beta \sin \gamma & \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma + \cos \alpha \cos \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega 1 \\ \omega 2 \\ \omega 3 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

[0024] 其中, $(\varphi 1 \quad \varphi 2 \quad \varphi 3)$ 为车体姿态; $(\alpha \quad \beta \quad \gamma)$ 为光电系统惯性姿态角; $(\omega 1 \quad \omega 2 \quad \omega 3)$ 为陀螺角速率, $(\theta 1 \quad \theta 2 \quad \theta 3)$ 为欧拉变换解耦。

[0025] 进一步地, 机电轴系的速度解耦控制相互关系包括陀螺角速率, 陀螺角速率为:

$$\begin{aligned}
 [0026] \quad &= \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos \beta & -\cos \alpha \sin \beta \cos \gamma - \sin \alpha \sin \gamma & -\cos \alpha \sin \beta \sin \gamma - \sin \alpha \sin \gamma \\ \sin \beta & \cos \beta \cos \gamma & -\cos \beta \sin \gamma \\ \sin \alpha \cos \beta & -\sin \alpha \sin \beta \cos \gamma + \cos \alpha \sin \gamma & -\sin \alpha \sin \beta \sin \gamma + \cos \alpha \cos \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d\theta 1 \\ d\theta 2 \\ d\theta 3 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

[0027] 其中, $(\omega 1 \quad \omega 2 \quad \omega 3)$ 为陀螺角速率; $(\varphi 1 \quad \varphi 2 \quad \varphi 3)$ 为车体姿态; $(\alpha \quad \beta \quad \gamma)$ 为光电系统惯性姿态角; $(\theta 1 \quad \theta 2 \quad \theta 3)$ 为欧拉变换解耦。

[0028] 进一步地, 机电轴系的速度解耦控制相互关系包括机电轴系解耦驱动速度向量, 机电轴系解耦驱动速度向量为:

$$\begin{aligned}
 &\Delta d(\theta 1 \quad \theta 2 \quad \theta 3)/dt \\
 [0029] \quad &= \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos \beta & -\sin \beta & \sin \alpha \cos \beta \\ \sin \beta \cos \alpha \cos \gamma + \sin \alpha \sin \gamma & \cos \beta \cos \gamma & \sin \alpha \sin \beta \cos \gamma - \cos \alpha \sin \gamma \\ \sin \beta \cos \alpha \sin \gamma - \sin \alpha \cos \gamma & \cos \beta \sin \gamma & \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma + \cos \alpha \cos \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

[0030] 最终, 使系统满足: $(\omega 1 \quad \omega 2 \quad \omega 3) = (\omega 0 \quad 0 \quad 0)$

[0031] 其中, $(\theta 1 \quad \theta 2 \quad \theta 3)$ 为欧拉变换解耦; $(\omega 1 \quad \omega 2 \quad \omega 3)$ 为陀螺角速率; $(\varphi 1 \quad \varphi 2 \quad \varphi 3)$ 为车体姿态; $(\alpha \quad \beta \quad \gamma)$ 为光电系统惯性姿态角; $\omega 0$ 为设定搜索速度。

[0032] 进一步地, 机电轴系的速度解耦控制的步骤中, 控制系统速度闭环的控制偏差量

为:

[0033] $\Delta U_t = (\Delta d(01\ 02\ 03)/dt - d(01\ 02\ 03)/dt)$

[0034] 其中, $\Delta d(01\ 02\ 03)/d$ 为机电轴系解耦驱动速度向量; $d(01\ 02\ 03)/dt$ 为机电轴系解耦反馈速度向量。

[0035] 本发明的另一方面涉及一种实现惯性空间扫描成像的系统, 包括:

[0036] 三轴姿态获取模块, 用于通过陀螺积分、误差分析及补偿, 得出光具座相对惯性空间的实时三轴姿态;

[0037] 欧拉坐标变换矩阵建立模块, 用于根据得出的光具座相对惯性空间的实时三轴姿态, 建立欧拉坐标变换矩阵;

[0038] 机电轴系解耦模块, 用于按照惯性空间扫描基线及扫描速度要求, 分解惯性空间扫描速度向量, 通过建立的欧拉坐标变换矩阵解耦驱动机电轴系协同运动;

[0039] 机电轴系解耦模块包括:

[0040] 投影单元, 用于惯性搜索角速度向量通过车体姿态 $(\varphi_1\ \varphi_2\ \varphi_3)$ 欧拉变换投影到车体坐标系 $OX_1Y_1Z_1$;

[0041] 解耦向量控制单元 (32), 用于根据车体姿态与光电系统的机电轴系之间的角度关系, 通过 $(01\ 02\ 03)$ 欧拉变换解耦到光电坐标系 $OX_2Y_2Z_2$, 按解耦向量分别闭环控制光电轴系, 采用轴系编码器角位移及角速率闭环, 使光电搜索跟踪装置运动满足方位陀螺输出角速率等于设定搜索速度, 俯仰、滚转陀螺角速率等于零。

[0042] 进一步地, 三轴姿态获取模块包括:

[0043] 标定单元, 用于初始对准及系统标定, 进行定位定向、陀螺或惯性导航组件初始化进行标定对准, 建立系统惯性坐标系;

[0044] 求解单元, 用于陀螺积分并进行误差分析补偿, 求解光电系统惯性姿态角 $(\alpha\ \beta\ \gamma)$ 。

[0045] 进一步地, 解耦向量控制单元包括:

[0046] 计算子单元, 用于计算出机电轴系的速度解耦控制相互关系及要求;

[0047] 解耦控制子单元, 用于机电轴系的速度解耦控制, 实时采样陀螺及电机轴系编码器输出, 经信号调理变换, 陀螺实时积分输出光具座的姿态角;

[0048] 闭环控制子单元, 用于机电轴系采用电流环、电机速度内环、惯性速度外环的双速度控制回路实施闭环控制。

[0049] 本发明所取得的有益效果为:

[0050] 本发明提供的实现惯性空间扫描成像的方法及系统, 通过陀螺积分、误差分析及补偿, 得出光具座相对惯性空间的实时三轴姿态; 根据得出的光具座相对惯性空间的实时三轴姿态, 建立欧拉坐标变换矩阵; 按照惯性空间扫描基线及扫描速度要求, 分解惯性空间扫描速度向量, 通过建立的欧拉坐标变换矩阵解耦驱动机电轴系协同运动。具体地, 惯性搜索角速度向量通过车体姿态 $(\varphi_1\ \varphi_2\ \varphi_3)$ 欧拉变换投影到车体坐标系 $OX_1Y_1Z_1$; 根据车体姿态与光电系统的机电轴系之间的角度关系, 通过 $(01\ 02\ 03)$ 欧拉变换解耦到光电坐标系 $OX_2Y_2Z_2$, 按解耦向量分别闭环控制光电轴系, 采用轴系编码器角位移及角速率闭环, 使光电搜索跟踪装置运动满足方位陀螺输出角速率等于设定搜索速度, 俯仰、滚转陀螺角速率等于零。本发明提供的实现惯性空间扫描成像的方法及系统, 实现了惯性空间稳定基线的搜

索扫描,陀螺漂移小且陀螺速度控制稳定。

附图说明

[0051] 图1为本发明提供的实现惯性空间扫描成像的方法第一实施例的流程示意图;

[0052] 图2为图1中所示的按照惯性空间扫描基线及扫描速度要求,分解惯性空间扫描速度向量,通过建立的欧拉坐标变换矩阵解耦驱动机电轴系协同运动步骤中一实施例的细化流程示意图;

[0053] 图3为图1中所示的通过陀螺积分、误差分析及补偿,得出光具座相对惯性空间的实时三轴姿态步骤中一实施例的细化流程示意图;

[0054] 图4为图2中所示的根据车体姿态与光电系统的机电轴系之间的角度关系,通过 ($\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3$) 欧拉变换解耦到光电坐标系 $Ox_2Y_2Z_2$,按解耦向量分别闭环控制光电轴系,采用轴系编码器角位移及角速率闭环,使光电搜索跟踪装置运动满足方位陀螺输出角速率等于设定搜索速度,俯仰、滚转陀螺角速率等于零步骤中一实施例的细化流程示意图;

[0055] 图5为发明提供的实现惯性空间扫描成像的方法中双速度环控制逻辑图;

[0056] 图6为本发明提供的实现惯性空间扫描成像的系统一实施例的功能框图;

[0057] 图7为图6中所示的机电轴系解耦模块一实施例的功能模块示意图;

[0058] 图8为图6中所示的三轴姿态获取模块一实施例的功能模块示意图;

[0059] 图9为图7中所示的解耦向量控制单元一实施例的功能模块示意图。

[0060] 附图标号说明:

[0061] 10、三轴姿态获取模块;20、欧拉坐标变换矩阵建立模块;30、机电轴系解耦模块;31、投影单元;32、解耦向量控制单元;11、标定单元;12、求解单元;321、计算子单元;322、解耦控制子单元;323、闭环控制子单元。

具体实施方式

[0062] 为了更好的理解上述技术方案,下面将结合说明书附图以及具体的实施方式对上述技术方案做详细的说明。

[0063] 如图1和图2所示,本发明第一实施例提出一种实现惯性空间扫描成像的方法,包括以下步骤:

[0064] 步骤S100、通过陀螺积分、误差分析及补偿,得出光具座相对惯性空间的实时三轴姿态。

[0065] 通过陀螺积分、误差分析及补偿,借助北斗及倾角仪进行漂移修正,得出光具座相对惯性空间的三轴姿态,也可采用小型惯性导航组件测量光电系统的姿态角。

[0066] 步骤S200、根据得出的光具座相对惯性空间的实时三轴姿态,建立欧拉坐标变换矩阵。

[0067] 根据光具座相对惯性空间的实时三轴姿态建立坐标系欧拉变换矩阵。

[0068] 步骤S300、按照惯性空间扫描基线及扫描速度要求,分解惯性空间扫描速度向量,通过建立的欧拉坐标变换矩阵解耦驱动机电轴系协同运动。

[0069] 请见图2,图2为图1中所示的步骤S300中一实施例的细化流程示意图,在本实施例中,S300具体包括:

[0070] 步骤S310、惯性搜索角速度向量通过车体姿态 $(\varphi_1 \ \varphi_2 \ \varphi_3)$ 欧拉变换投影到车体坐标系 $OX_1Y_1Z_1$ 。

[0071] 步骤S320、根据车体姿态与光电系统的机电轴系之间的角度关系,通过 $(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)$ 欧拉变换解耦到光电坐标系 $OX_2Y_2Z_2$,按解耦向量分别闭环控制光电轴系,采用轴系编码器角位移及角速率闭环,使光电搜索跟踪装置运动满足方位陀螺输出角速率等于设定搜索速度,俯仰、滚转陀螺角速率等于零。

[0072] 本实施例提供的实现惯性空间扫描成像的方法,同现有技术相比,通过陀螺积分、误差分析及补偿,得出光具座相对惯性空间的实时三轴姿态;根据得出的光具座相对惯性空间的实时三轴姿态,建立欧拉坐标变换矩阵;按照惯性空间扫描基线及扫描速度要求,分解惯性空间扫描速度向量,通过建立的欧拉坐标变换矩阵解耦驱动机电轴系协同运动。具体地,惯性搜索角速度向量通过车体姿态 $(\varphi_1 \ \varphi_2 \ \varphi_3)$ 欧拉变换投影到车体坐标系 $OX_1Y_1Z_1$;根据车体姿态与光电系统的机电轴系之间的角度关系,通过 $(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)$ 欧拉变换解耦到光电坐标系 $OX_2Y_2Z_2$,按解耦向量分别闭环控制光电轴系,采用轴系编码器角位移及角速率闭环,使光电搜索跟踪装置运动满足方位陀螺输出角速率等于设定搜索速度,俯仰、滚转陀螺角速率等于零。本实施例提供的实现惯性空间扫描成像的方法,实现了惯性空间稳定基线的搜索扫描,陀螺漂移小且陀螺速度控制稳定。

[0073] 优选地,请见图3,图3为图1中所示的步骤S100中一实施例的细化流程示意图,在本实施例中,步骤S100包括:

[0074] 步骤S110、初始对准及系统标定:进行定位定向、陀螺或惯性导航组件初始化进行标定对准,建立系统惯性坐标系。

[0075] 步骤S120、陀螺积分并进行误差分析补偿,求解光电系统惯性姿态角 $(\alpha \ \beta \ \gamma)$,光电系统惯性姿态角 $(\alpha \ \beta \ \gamma)$ 的求解通过公式(1)得出:

$$(\alpha \ \beta \ \gamma) = (\varphi_1 + \theta_1 \ \varphi_2 + \theta_2 \ \varphi_3 + \theta_3)$$

$$[0076] \quad = \int_0^t (\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3) dt \quad (1)$$

[0077] 在公式(1)中, $(\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3)$ 为陀螺角速率; $(\varphi_1 \ \varphi_2 \ \varphi_3)$ 为车体姿态; $(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)$ 为欧拉变换解耦; $(\varphi_1 + \theta_1 \ \varphi_2 + \theta_2 \ \varphi_3 + \theta_3)$ 为光具座相对于惯性坐标系的实时方位、俯仰、滚转角。

[0078] 本实施例提供的实现惯性空间扫描成像的方法,同现有技术相比,通过初始对准及系统标定:进行定位定向、陀螺或惯性导航组件初始化进行标定对准,建立系统惯性坐标系;陀螺积分并进行误差分析补偿,求解光电系统惯性姿态角 $(\alpha \ \beta \ \gamma)$ 。本实施例提供的实现惯性空间扫描成像的方法,实现了惯性空间稳定基线的搜索扫描,陀螺漂移小且陀螺速度控制稳定。

[0079] 进一步地,参见图4,图4为图2中所示的步骤S320中一实施例的细化流程示意图,在本实施例中,步骤S320包括:

[0080] 步骤S321、计算出机电轴系的速度解耦控制相互关系及要求。

[0081] 机电轴系的速度解耦控制相互关系包括机电轴系解耦反馈速度向量,机电轴系解耦反馈速度向量为:

$$d(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)/dt =$$

$$[0082] \quad \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos \beta & -\sin \beta & \sin \alpha \cos \beta \\ \sin \beta \cos \alpha \cos \gamma + \sin \alpha \sin \gamma & \cos \beta \cos \gamma & \sin \alpha \sin \beta \cos \gamma - \cos \alpha \sin \gamma \\ \sin \beta \cos \alpha \sin \gamma - \sin \alpha \cos \gamma & \cos \beta \sin \gamma & \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma + \cos \alpha \cos \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix} \quad (2)$$

[0083] 在公式(2)中, $(\varphi_1 \ \varphi_2 \ \varphi_3)$ 为车体姿态; $(\alpha \ \beta \ \gamma)$ 为光电系统惯性姿态角; $(\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3)$ 为陀螺角速率, $(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)$ 为欧拉变换解耦。

[0084] 机电轴系的速度解耦控制相互关系包括陀螺角速率, 陀螺角速率为:

$$(\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3) =$$

$$[0085] \quad \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos \beta & -\cos \alpha \sin \beta \cos \gamma - \sin \alpha \sin \gamma & -\cos \alpha \sin \beta \sin \gamma - \sin \alpha \cos \gamma \\ \sin \beta & \cos \beta \cos \gamma & -\cos \beta \sin \gamma \\ \sin \alpha \cos \beta & -\sin \alpha \sin \beta \cos \gamma + \cos \alpha \sin \gamma & -\sin \alpha \sin \beta \sin \gamma + \cos \alpha \cos \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d\theta_1 \\ d\theta_2 \\ d\theta_3 \end{pmatrix} \quad (3)$$

[0086] 在公式(3)中, $(\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3)$ 为陀螺角速率; $(\varphi_1 \ \varphi_2 \ \varphi_3)$ 为车体姿态; $(\alpha \ \beta \ \gamma)$ 为光电系统惯性姿态角; $(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)$ 为欧拉变换解耦。

[0087] 机电轴系的速度解耦控制相互关系包括机电轴系解耦驱动速度向量, 机电轴系解耦驱动速度向量为:

$$\Delta d(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)/dt =$$

$$[0088] \quad \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos \beta & -\sin \beta & \sin \alpha \cos \beta \\ \sin \beta \cos \alpha \cos \gamma + \sin \alpha \sin \gamma & \cos \beta \cos \gamma & \sin \alpha \sin \beta \cos \gamma - \cos \alpha \sin \gamma \\ \sin \beta \cos \alpha \sin \gamma - \sin \alpha \cos \gamma & \cos \beta \sin \gamma & \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma + \cos \alpha \cos \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

[0089] 最终, 使系统满足: $(\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3) = (\omega_0 \ 0 \ 0)$ (5)

[0090] 在公式(4)中, $(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)$ 为欧拉变换解耦; $(\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3)$ 为陀螺角速率; $(\varphi_1 \ \varphi_2 \ \varphi_3)$ 为车体姿态; $(\alpha \ \beta \ \gamma)$ 为光电系统惯性姿态角; ω_0 为设定搜索速度。

[0091] 步骤S322、机电轴系的速度解耦控制: 实时采样陀螺及电机轴系编码器输出, 经信号调理变换, 陀螺实时积分输出光具座的姿态角。

[0092] 实时采样陀螺及电机轴系编码器输出, 经信号调理变换, 陀螺实时积分输出光具座的姿态角, 光电平台角速度与惯性空间陀螺角速度关系符合式(2)及公式(3), 协同控制机电轴系运动按式(4)三轴的速度预期与当前三轴的实时速度合成矢量式(6)驱动轴系速度闭环, 循环迭代实现惯性扫描。

[0093] 控制系统速度闭环的控制偏差量为:

$$[0094] \quad \Delta U_t = (\Delta d(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)/dt - d(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)/dt) \quad (6)$$

[0095] 在公式(6)中, $\Delta d(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)/dt$ 为机电轴系解耦驱动速度向量; $d(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)/dt$ 为机电轴系解耦反馈速度向量。

[0096] 步骤S323、机电轴系采用电流环、电机速度内环、惯性速度外环的双速度控制回路实施闭环控制。

[0097] 机电轴系采用电流环(抑制力矩波动)、电机速度内环(快速响应)、惯性速度外环(惯性稳速)的双速度控制回路实施闭环控制, 基于光电坐标系的实时速度可由编码器微分及滤波得到, 亦可由陀螺积分或惯性导航组件输出的姿态角按(2)式由陀螺角速率 $(\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3)$ 依据姿态角 $(\alpha \ \beta \ \gamma)$ 的欧拉变换矩阵得到, 各轴系给定速度按(4)式, 速度偏差控制按(6)式。控制逻辑如图5所示。

[0098] 本实施例提供的实现惯性空间扫描成像的方法,同现有技术相比,通过计算出机电轴系的速度解耦控制相互关系及要求;机电轴系的速度解耦控制:实时采样陀螺及电机轴系编码器输出,经信号调理变换,陀螺实时积分输出光具座的姿态角;机电轴系采用电流环、电机速度内环、惯性速度外环的双速度控制回路实施闭环控制。本实施例提供的实现惯性空间扫描成像的方法,实现了惯性空间稳定基线的搜索扫描,陀螺漂移小且陀螺速度控制稳定。

[0099] 如图6和图7所示,图6为本发明提供的实现惯性空间扫描成像的系统一实施例的功能框图,在本实施例中,该实现惯性空间扫描成像的系统,包括三轴姿态获取模块10、欧拉坐标变换矩阵建立模块20和机电轴系解耦模块30,其中,三轴姿态获取模块10,用于通过陀螺积分、误差分析及补偿,得出光具座相对惯性空间的实时三轴姿态;欧拉坐标变换矩阵建立模块20,用于根据得出的光具座相对惯性空间的实时三轴姿态,建立欧拉坐标变换矩阵;机电轴系解耦模块30,用于按照惯性空间扫描基线及扫描速度要求,分解惯性空间扫描速度向量,通过建立的欧拉坐标变换矩阵解耦驱动机电轴系协同运动。请见图7,图7为图6中所示的机电轴系解耦模块一实施例的功能模块示意图,在本实施例中,机电轴系解耦模块30包括投影单元31和解耦向量控制单元32,投影单元31,用于惯性搜索角速度向量通过车体姿态($\varphi_1 \ \varphi_2 \ \varphi_3$)欧拉变换投影到车体坐标系 $OX_1Y_1Z_1$;解耦向量控制单元32,用于根据车体姿态与光电系统的机电轴系之间的角度关系,通过($\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3$)欧拉变换解耦到光电坐标系 $OX_2Y_2Z_2$,按解耦向量分别闭环控制光电轴系,采用轴系编码器角位移及角速率闭环,使光电搜索跟踪装置运动满足方位陀螺输出角速率等于设定搜索速度,俯仰、滚转陀螺角速率等于零。

[0100] 本实施例提供的实现惯性空间扫描成像的系统,同现有技术相比,通过陀螺积分、误差分析及补偿,得出光具座相对惯性空间的实时三轴姿态;根据得出的光具座相对惯性空间的实时三轴姿态,建立欧拉坐标变换矩阵;按照惯性空间扫描基线及扫描速度要求,分解惯性空间扫描速度向量,通过建立的欧拉坐标变换矩阵解耦驱动机电轴系协同运动。具体地,惯性搜索角速度向量通过车体姿态($\varphi_1 \ \varphi_2 \ \varphi_3$)欧拉变换投影到车体坐标系 $OX_1Y_1Z_1$;根据车体姿态与光电系统的机电轴系之间的角度关系,通过($\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3$)欧拉变换解耦到光电坐标系 $OX_2Y_2Z_2$,按解耦向量分别闭环控制光电轴系,采用轴系编码器角位移及角速率闭环,使光电搜索跟踪装置运动满足方位陀螺输出角速率等于设定搜索速度,俯仰、滚转陀螺角速率等于零。本实施例提供的实现惯性空间扫描成像的系统,实现了惯性空间稳定基线的搜索扫描,陀螺漂移小且陀螺速度控制稳定。

[0101] 优选地,请见图8,图8为图6中所示的三轴姿态获取模块一实施例的功能模块示意图,在本实施例中,三轴姿态获取模块10包括标定单元11和求解单元12,其中,标定单元11,用于初始对准及系统标定,进行定位定向、陀螺或惯性导航组件初始化进行标定对准,建立系统惯性坐标系;求解单元12,用于陀螺积分并进行误差分析补偿,求解光电系统惯性姿态角($\alpha \ \beta \ \gamma$)。光电系统惯性姿态角($\alpha \ \beta \ \gamma$)的求解通过公式(1)得出:

$$(\alpha \ \beta \ \gamma) = (\varphi_1 + \theta_1 \ \varphi_2 + \theta_2 \ \varphi_3 + \theta_3)$$

[0102]

$$= \int_0^t (\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3) dt \quad (7)$$

[0103] 在公式(7)中, ($\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3$) 为陀螺角速率; ($\varphi_1 \ \varphi_2 \ \varphi_3$) 为车体姿态; ($\theta_1 \ \theta_2$

03)为欧拉变换解耦;($\varphi 1+\theta 1$ $\varphi 2+\theta 2$ $\varphi 3+\theta 3$)为光具座相对于惯性坐标系的实时方位、俯仰、滚转角。

[0104] 本实施例提供的实现惯性空间扫描成像的系统,同现有技术相比,通过初始对准及系统标定:进行定位定向、陀螺或惯性导航组件初始化进行标定对准,建立系统惯性坐标系;陀螺积分并进行误差分析补偿,求解光电系统惯性姿态角(α β γ)。本实施例提供的实现惯性空间扫描成像的系统,实现了惯性空间稳定基线的搜索扫描,陀螺漂移小且陀螺速度控制稳定。

[0105] 进一步地,参见图9,图9为图7中所示的解耦向量控制单元一实施例的功能模块示意图,在本实施例中,解耦向量控制单元32包括计算子单元321和解耦控制子单元322,其中,计算子单元321,用于计算出机电轴系的速度解耦控制相互关系及要求;解耦控制子单元322,用于机电轴系的速度解耦控制,实时采样陀螺及电机轴系编码器输出,经信号调理变换,陀螺实时积分输出光具座的姿态角;闭环控制子单元323,用于机电轴系采用电流环、电机速度内环、惯性速度外环的双速度控制回路实施闭环控制。

[0106] 计算子单元321用于计算出机电轴系的速度解耦控制相互关系及要求,机电轴系的速度解耦控制相互关系包括机电轴系解耦反馈速度向量,机电轴系解耦反馈速度向量为:

$$d(\theta 1 \quad \theta 2 \quad \theta 3)/dt =$$

$$[0107] \quad \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos \beta & -\sin \beta & \sin \alpha \cos \beta \\ \sin \beta \cos \alpha \cos \gamma + \sin \alpha \sin \gamma & \cos \beta \cos \gamma & \sin \alpha \sin \beta \cos \gamma - \cos \alpha \sin \gamma \\ \sin \beta \cos \alpha \sin \gamma - \sin \alpha \cos \gamma & \cos \beta \sin \gamma & \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma + \cos \alpha \cos \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega 1 \\ \omega 2 \\ \omega 3 \end{pmatrix} \quad (8)$$

[0108] 在公式(8)中, ($\varphi 1$ $\varphi 2$ $\varphi 3$)为车体姿态; (α β γ)为光电系统惯性姿态角; ($\omega 1$ $\omega 2$ $\omega 3$)为陀螺角速率, ($\theta 1$ $\theta 2$ $\theta 3$)为欧拉变换解耦。

[0109] 机电轴系的速度解耦控制相互关系包括陀螺角速率,陀螺角速率为:

$$(\omega 1 \quad \omega 2 \quad \omega 3) =$$

$$[0110] \quad \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos \beta & -\cos \alpha \sin \beta \cos \gamma - \sin \alpha \sin \gamma & -\cos \alpha \sin \beta \sin \gamma - \sin \alpha \cos \gamma \\ \sin \beta & \cos \beta \cos \gamma & -\cos \beta \sin \gamma \\ \sin \alpha \cos \beta & -\sin \alpha \sin \beta \cos \gamma + \cos \alpha \sin \gamma & -\sin \alpha \sin \beta \sin \gamma + \cos \alpha \cos \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d\theta 1 \\ d\theta 2 \\ d\theta 3 \end{pmatrix} \quad (9)$$

[0111] 在公式(9)中, ($\omega 1$ $\omega 2$ $\omega 3$)为陀螺角速率; ($\varphi 1$ $\varphi 2$ $\varphi 3$)为车体姿态; (α β γ)为光电系统惯性姿态角; ($\theta 1$ $\theta 2$ $\theta 3$)为欧拉变换解耦。

[0112] 机电轴系的速度解耦控制相互关系包括机电轴系解耦驱动速度向量,机电轴系解耦驱动速度向量为:

$$[0113] \quad \Delta d(\theta 1 \quad \theta 2 \quad \theta 3)/dt =$$

$$[0114] \quad \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos \beta & -\sin \beta & \sin \alpha \cos \beta \\ \sin \beta \cos \alpha \cos \gamma + \sin \alpha \sin \gamma & \cos \beta \cos \gamma & \sin \alpha \sin \beta \cos \gamma - \cos \alpha \sin \gamma \\ \sin \beta \cos \alpha \sin \gamma - \sin \alpha \cos \gamma & \cos \beta \sin \gamma & \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma + \cos \alpha \cos \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (10)$$

[0115] 最终,使系统满足: ($\omega 1$ $\omega 2$ $\omega 3$) = ($\omega 0$ 0 0) (11)

[0116] 在公式(10)中, ($\theta 1$ $\theta 2$ $\theta 3$)为欧拉变换解耦; ($\omega 1$ $\omega 2$ $\omega 3$)为陀螺角速率; ($\varphi 1$ $\varphi 2$ $\varphi 3$)为车体姿态; (α β γ)为光电系统惯性姿态角; $\omega 0$ 为设定搜索速度。

[0117] 解耦控制子单元322用于实时采样陀螺及电机轴系编码器输出,经信号调理变换,

陀螺实时积分输出光具座的姿态角,光电平台角速度与惯性空间陀螺角速度关系符合式(8)及公式(9),协同控制机电轴系运动按式(10)三轴的速度预期与当前三轴的实时速度合成矢量式(12)驱动轴系速度闭环,循环迭代实现惯性扫描。

[0118] 控制系统速度闭环的控制偏差量为:

$$[0119] \quad \Delta U_t = (\Delta d(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)/dt - d(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)/dt) \quad (12)$$

[0120] 在公式(12)中, $\Delta d(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)/dt$ 为机电轴系解耦驱动速度向量; $d(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)/dt$ 为机电轴系解耦反馈速度向量。

[0121] 闭环控制子单元323用于机电轴系采用电流环(抑制力矩波动)、电机速度内环(快速响应)、惯性速度外环(惯性稳速)的双速度控制回路实施闭环控制,基于光电坐标系的实时速度可由编码器微分及滤波得到,亦可由陀螺积分或惯性导航组件输出的姿态角按(8)式由陀螺角速率($\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3$)依据姿态角($\alpha \ \beta \ \gamma$)的欧拉变换矩阵得到,各轴系给定速度按(10)式,速度偏差控制按(12)式。控制逻辑如图5所示。

[0122] 本实施例提供的实现惯性空间扫描成像的系统,同现有技术相比,通过计算出机电轴系的速度解耦控制相互关系及要求;机电轴系的速度解耦控制:实时采样陀螺及电机轴系编码器输出,经信号调理变换,陀螺实时积分输出光具座的姿态角;机电轴系采用电流环、电机速度内环、惯性速度外环的双速度控制回路实施闭环控制。本实施例提供的实现惯性空间扫描成像的系统,实现了惯性空间稳定基线的搜索扫描,陀螺漂移小且陀螺速度控制稳定。

[0123] 尽管已描述了本发明的优选实施例,但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念,则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本发明范围的所有变更和修改。显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

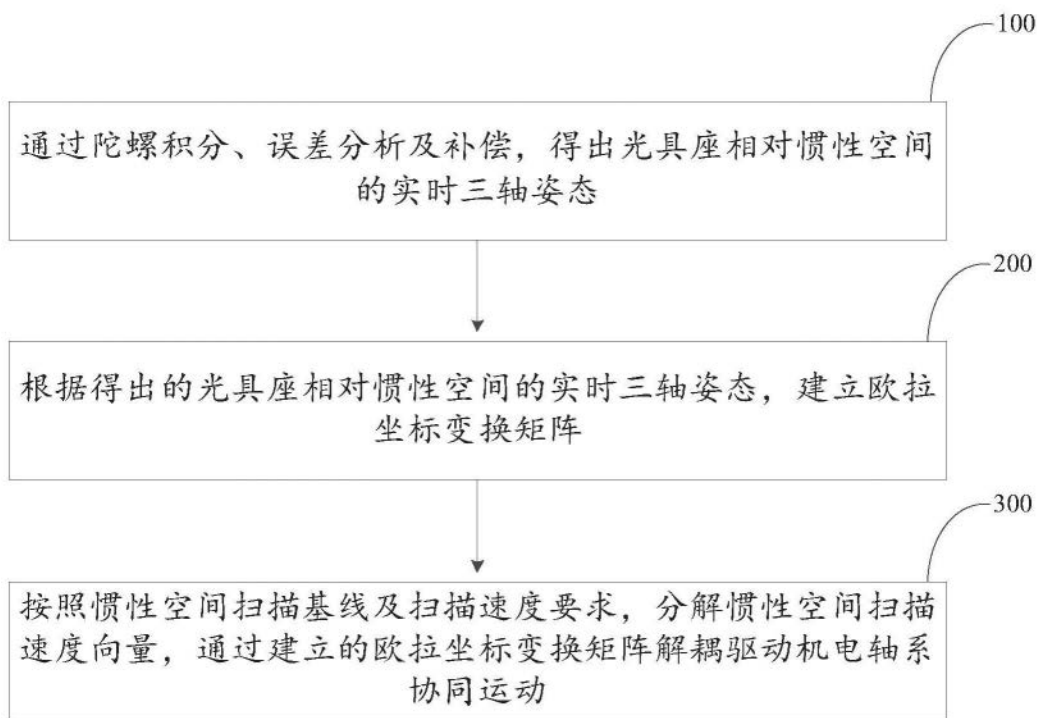


图1

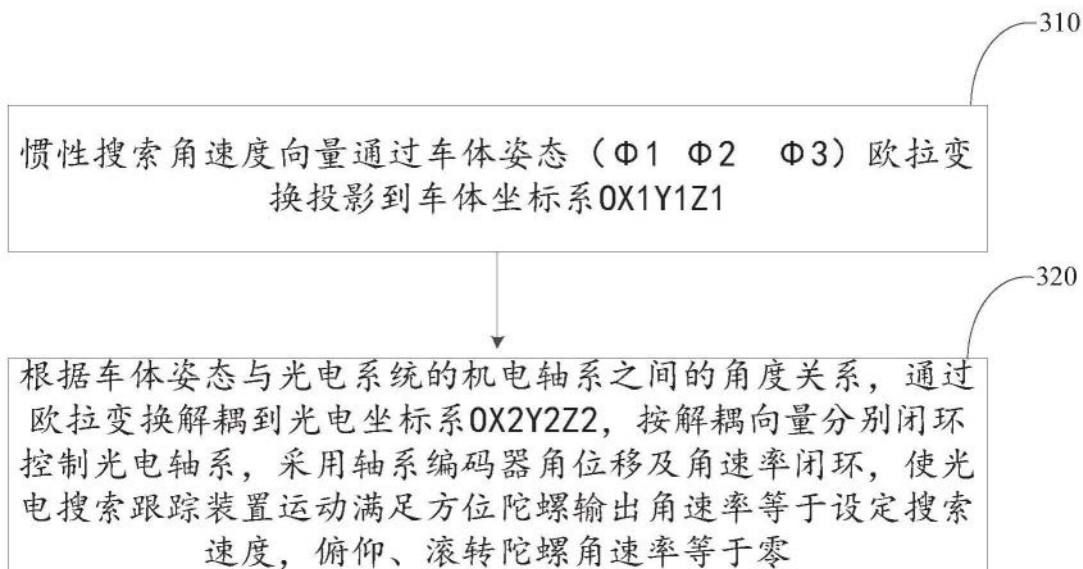


图2

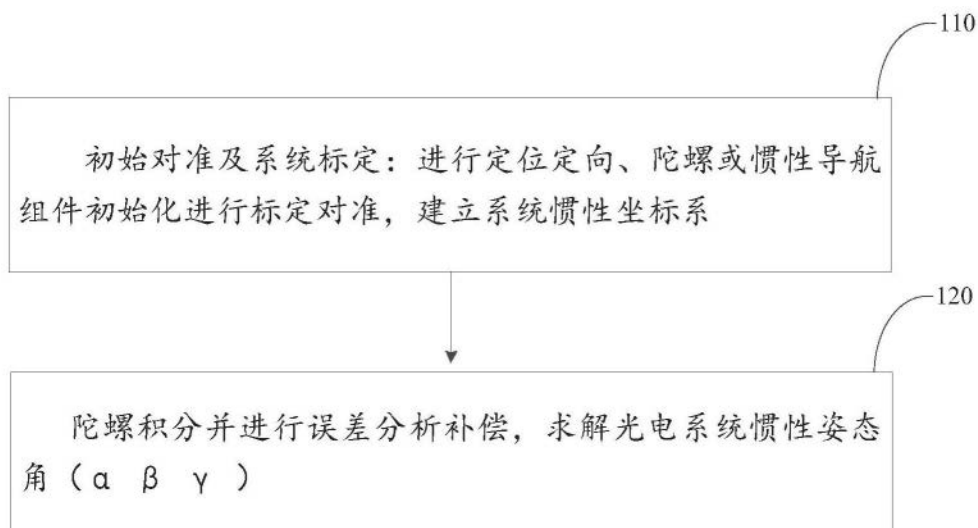


图3

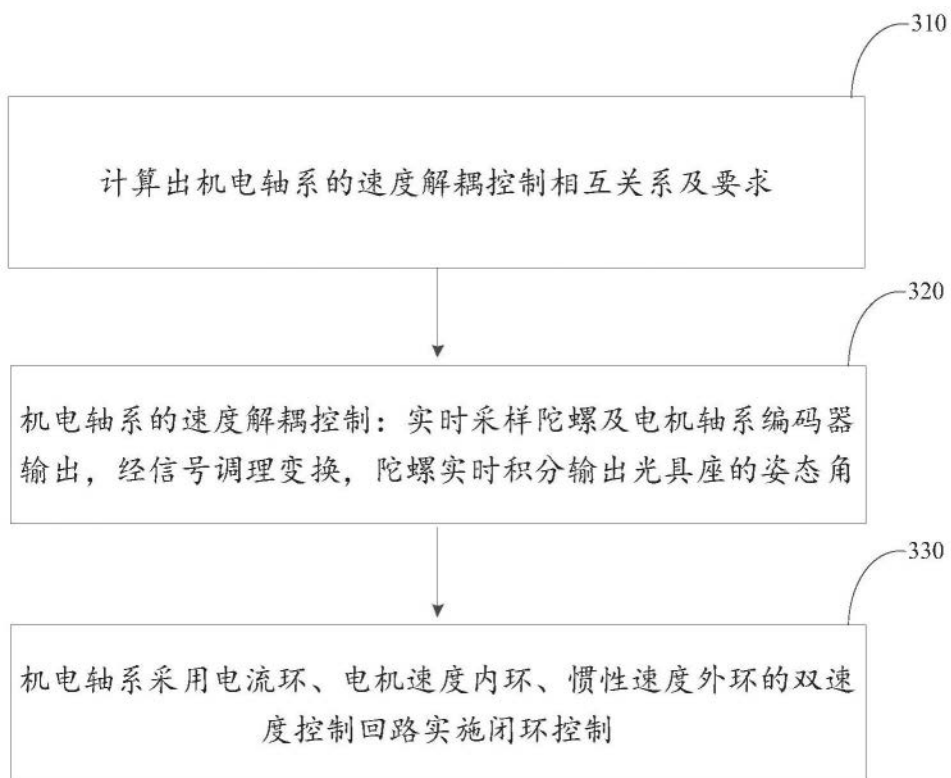


图4

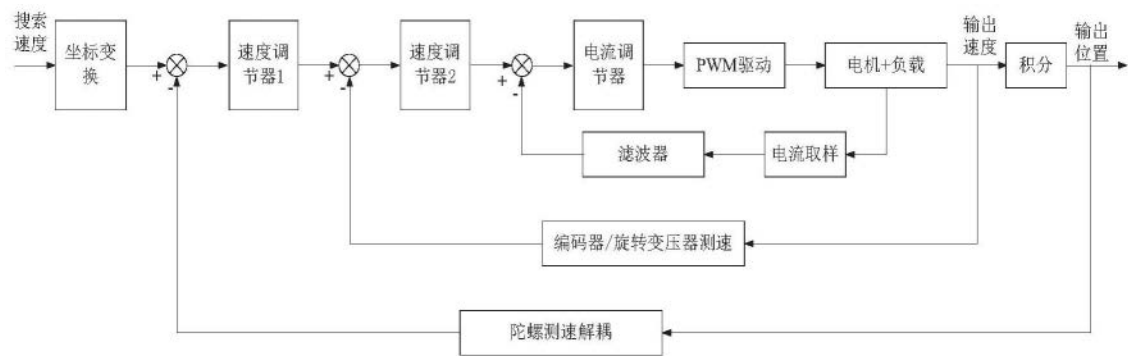


图5



图6

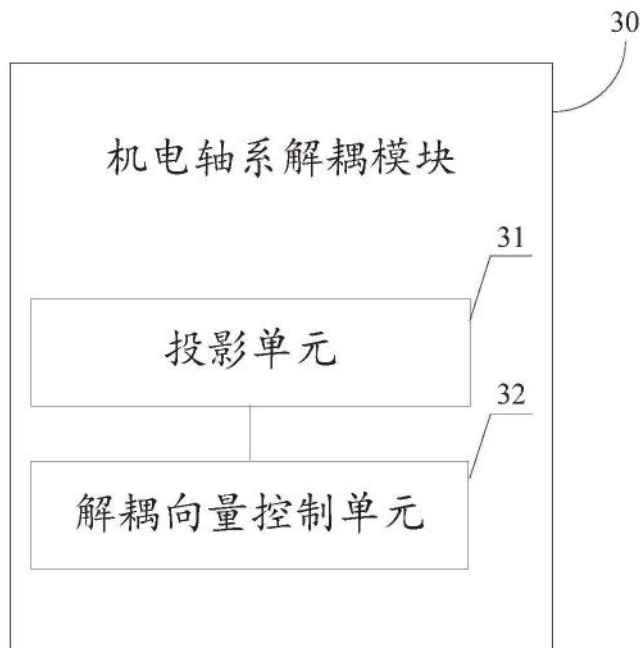


图7

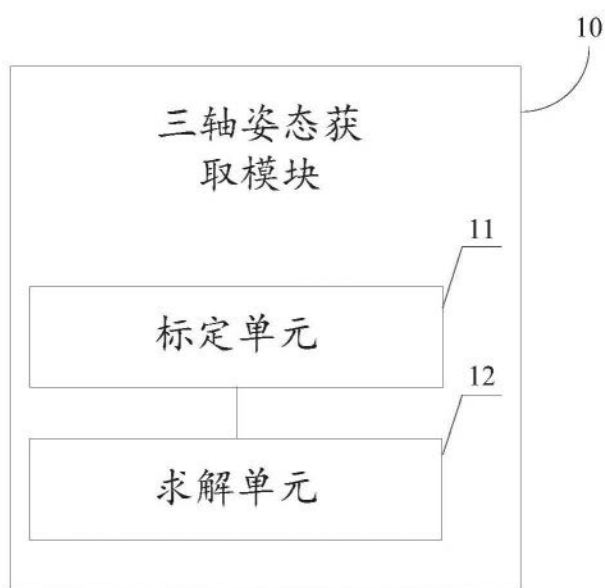


图8

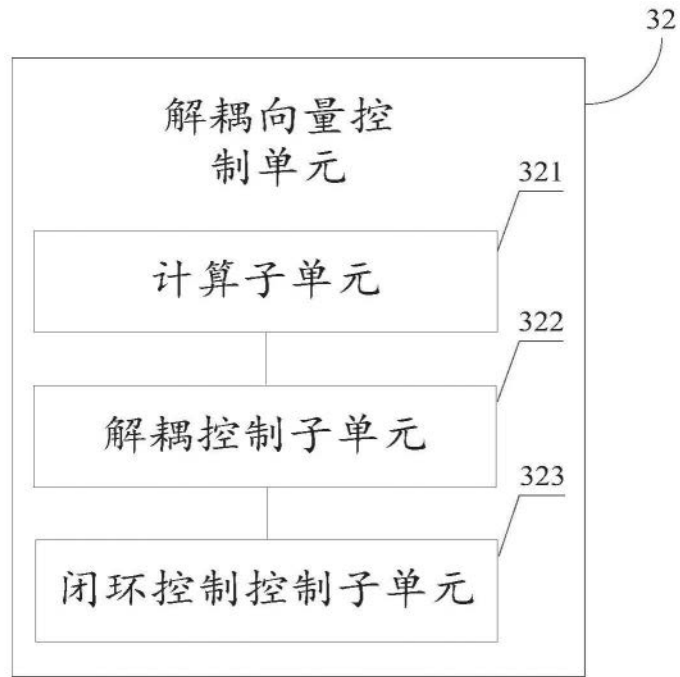


图9