(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 104503473 A
(43)申请公布日 2015.04.08

(21)申请号 201410659221.X

(22)申请日 2014.11.18

(71)申请人 北京空间机电研究所
地址 100076 北京市丰台区南大红门路1号9201信箱5分箱

(72)发明人 宋立国 王哲 陈凌军 李兵

(74)专利代理机构 中国航天科技专利中心 11009
代理人 臧春喜

(51)Int.Cl.
G05D 3/12(2006.01)

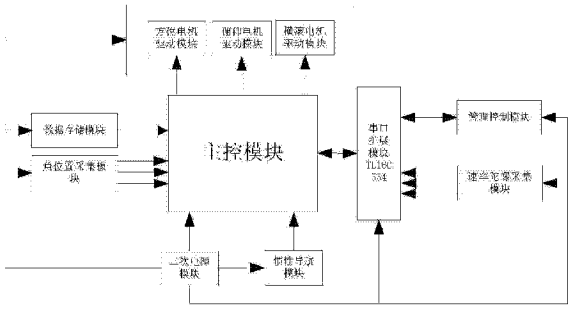
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种惯性稳定控制器

(57)摘要

本发明公开了一种惯性稳定控制器，包括主控模块、方位电机驱动模块、俯仰电机驱动模块、横滚电机驱动模块、速率陀螺采集模块、角位置采集模块、数据存储模块、串口扩展模块、管理控制模块、惯性导航模块和二次电源模块。该惯性稳定控制器集驱动、采集、存储、通讯、同步于一体，大大改善了现有惯性稳定控制器功能单一的问题。本发明能够消除由于载机高、低频扰动对摆扫或跟踪成像等系统的影响，同时适用于单轴、两轴或三轴的惯性稳定平台，应用范围广，已成功应用于多项航空光学遥感器型号上。



CN 104503473 A

1. 一种惯性稳定控制器，所述惯性稳定控制器搭载在载体上，用于控制载体上惯性平台的稳定；其特征在于：包括主控模块、方位电机驱动模块、俯仰电机驱动模块、横滚电机驱动模块、速率陀螺采集模块、角位置采集模块、数据存储模块、串口扩展模块、管理控制模块、惯性导航模块和二次电源模块；

惯性导航模块采集载体相对于惯性空间的航向角，并输出给主控模块；

管理控制模块在载体运行之前接收上位机设定的载体航迹角，在载体运行过程中采集载体相对于惯性空间的实际航迹角，并将这两种航迹角均通过串口扩展模块输出给主控模块；

角位置采集模块在载体运行过程中分别采集惯性平台方位轴与载体方位轴、惯性平台俯仰轴与载体俯仰轴、惯性平台横滚轴与载体横滚轴之间的夹角，并将采集得到的夹角进行轴角－数字转换后输出给主控模块；

速率陀螺模块在载体运行过程中分别采集惯性平台的方位轴、俯仰轴和横滚轴相对于惯性空间的角速率，并通过串口扩展模块输出给主控模块；

数据存储模块用于存储方位电机驱动模块、俯仰电机驱动模块和横滚电机驱动模块的控制参数，供主控模块在系统初始化时读取；

主控模块根据载体相对于惯性空间的航向角、航迹角、惯性平台方位轴与载体方位轴之间的夹角、惯性平台俯仰轴与载体俯仰轴之间的夹角以及惯性平台横滚轴与载体横滚轴之间的夹角计算得到惯性平台各个轴相对于惯性空间的位置角度信号，结合速率陀螺模块采集得到的惯性平台各个轴相对于惯性空间的角速率，得到惯性平台方位轴、俯仰轴和横滚轴的脉冲控制信号，并将惯性平台方位轴、俯仰轴和横滚轴的脉冲控制信号以及从数据存储模块读取的控制参数分别输出给方位电机驱动模块、俯仰电机驱动模块和横滚电机驱动模块；所述航迹角为上位机设定的载体航迹角或载体相对于惯性空间的实际航迹角；

方位电机驱动模块、俯仰电机驱动模块和横滚电机驱动模块分别根据接收到的脉冲控制信号和控制参数产生方位电机控制指令、俯仰电机控制指令和横滚电机控制指令，用于驱动惯性平台上方位电机、俯仰电机和横滚电机旋转，从而实现对惯性平台的稳定控制；

二次电源模块对外部电源提供的电压进行转换，分别为主控模块、速率陀螺采集模块、角位置采集模块、方位电机驱动模块、俯仰电机驱动模块和横滚电机驱动模块供电。

2. 根据权利要求 1 所述的一种惯性稳定控制器，其特征在于：所述主控模块得到惯性平台方位轴、俯仰轴和横滚轴的脉冲控制信号的实现方式为：

(2.1) 主控模块将载体相对于惯性空间的航向角与航迹角作差得到载体相对于惯性空间的偏航角；

(2.2) 将步骤 (2.1) 得到的偏航角分解为载体方位轴、俯仰轴和横滚轴相对于惯性空间的偏航角；

(2.3) 分别将步骤 (2.2) 得到的载体各个轴相对于惯性空间的偏航角与角位置采集模块采集得到的惯性平台与载体相应轴之间的夹角作差得到惯性平台各个轴相对于惯性空间的位置角度信号；

(2.4) 将步骤 (2.3) 得到的位置角度信号求导得到惯性平台各个轴相对于惯性空间的角速率值；

(2.5) 根据步骤 (2.4) 中惯性平台各个轴相对于惯性空间的角速率值以及速率陀螺模

块采集得到的惯性平台各个轴相对于惯性空间的角速率，得到惯性平台各个轴相对于惯性空间的角速率补偿值；

(2.6) 主控模块根据步骤 (2.5) 得到的角速率补偿值，通过超前滞后控制算法得到惯性平台方位轴、俯仰轴和横滚轴的脉冲控制信号。

3. 根据权利要求 1 所述的一种惯性稳定控制器，其特征在于：所述惯性稳定控制器通过惯性导航模块固定安装在载体上，且安装后惯性导航模块的 X 轴指向载体驾驶室、Y 轴垂直载体、Z 轴垂直地面。

4. 根据权利要求 1 所述的一种惯性稳定控制器，其特征在于：所述主控模块包括两路通讯接口，其中一路与惯性导航模块通讯，另一路备用；主控模块同时通过串口扩展模块扩展得到四路通讯接口，其中一路与管理控制模块进行通讯，另三路与速率陀螺采集模块进行通讯。

5. 根据权利要求 1 所述的一种惯性稳定控制器，其特征在于：所述方位电机驱动模块、俯仰电机驱动模块和横滚电机驱动模块均采用芯片 L6205 实现，能够驱动电压范围在 8V ～ 52V、电流为 2.8A 的直流电机，包括直流力矩电机、直流音圈电机、直流伺服电机和直流步进电机。

6. 根据权利要求 1 所述的一种惯性稳定控制器，其特征在于：所述角位置采集模块兼容多通道旋转变压器和光电码盘。

7. 根据权利要求 1 所述的一种惯性稳定控制器，其特征在于：所述速率陀螺模块兼容 A/D 转换和数字串口两种模式。

一种惯性稳定控制器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种多轴多功能高精度惯性稳定控制器，属于航空光学遥感技术领域。

背景技术

[0002] 在航空遥感领域中，成像系统往往受到外界扰动，如风速、飞机的振动等，均会导致成像质量大大降低。为保证在惯性空间内成像稳定，提出一种通用型的惯性稳定控制器。以往的控制器多采用单轴或双轴的稳定结构，即沿与视轴相正交同时相互垂直的两个转动自由度控制视轴运动，并保持视轴稳定，但这种双轴稳定平台忽略了第三个方向轴的扰动，只能应用于外界环境干扰小，对成像质量要求不高的情况下，如果在恶劣的环境下，对成像质量要求较高，我们一定要求三个方向轴在惯性空间稳定。当前电机控制器较为成熟，但对航空遥感领域中惯性空间的电机驱动器还不成熟，尤其针对多轴、多传感器、多功能的驱动器更少，尚存在以下问题：(1) 根据指标的要求不同，选择的执行器、传感器和数量等均不确定，需要针对不同项目配置不同的驱动模块和采集模块；(2) 通用性和继承性较差，无法兼容传感器为数字式或模拟式，不利于传感器的更换。

发明内容

[0003] 本发明的技术解决问题是：克服现有技术的不足，提供一种惯性稳定控制器，实现惯性稳定控制，适用于多轴、多功能、高精度的控制系统，具有较强的通用性。

[0004] 本发明的技术解决方案是：一种惯性稳定控制器，所述惯性稳定控制器搭载在载体上，用于控制载体上惯性平台的稳定；包括主控模块、方位电机驱动模块、俯仰电机驱动模块、横滚电机驱动模块、速率陀螺采集模块、角位置采集模块、数据存储模块、串口扩展模块、管理控制模块、惯性导航模块和二次电源模块；

[0005] 惯性导航模块采集载体相对于惯性空间的航向角，并输出给主控模块；

[0006] 管理控制模块在载体运行之前接收上位机设定的载体航迹角，在载体运行过程中采集载体相对于惯性空间的实际航迹角，并将这两种航迹角均通过串口扩展模块输出给主控模块；

[0007] 角位置采集模块在载体运行过程中分别采集惯性平台方位轴与载体方位轴、惯性平台俯仰轴与载体俯仰轴、惯性平台横滚轴与载体横滚轴之间的夹角，并将采集得到的夹角进行轴角－数字转换后输出给主控模块；

[0008] 速率陀螺模块在载体运行过程中分别采集惯性平台的方位轴、俯仰轴和横滚轴相对于惯性空间的角速率，并通过串口扩展模块输出给主控模块；

[0009] 数据存储模块用于存储方位电机驱动模块、俯仰电机驱动模块和横滚电机驱动模块的控制参数，供主控模块在系统初始化时读取；

[0010] 主控模块根据载体相对于惯性空间的航向角、航迹角、惯性平台方位轴与载体方位轴之间的夹角、惯性平台俯仰轴与载体俯仰轴之间的夹角以及惯性平台横滚轴与载体横

滚轴之间的夹角计算得到惯性平台各个轴相对于惯性空间的位置角度信号，结合速率陀螺模块采集得到的惯性平台各个轴相对于惯性空间的角速率，得到惯性平台方位轴、俯仰轴和横滚轴的脉冲控制信号，并将惯性平台方位轴、俯仰轴和横滚轴的脉冲控制信号以及从数据存储模块读取的控制参数分别输出给方位电机驱动模块、俯仰电机驱动模块和横滚电机驱动模块；所述航迹角为上位机设定的载体航迹角或载体相对于惯性空间的实际航迹角；

[0011] 方位电机驱动模块、俯仰电机驱动模块和横滚电机驱动模块分别根据接收到的脉冲控制信号和控制参数产生方位电机控制指令、俯仰电机控制指令和横滚电机控制指令，用于驱动惯性平台上方位电机、俯仰电机和横滚电机旋转，从而实现对惯性平台的稳定控制；

[0012] 二次电源模块对外部电源提供的电压进行转换，分别为主控模块、速率陀螺采集模块、角位置采集模块、方位电机驱动模块、俯仰电机驱动模块和横滚电机驱动模块供电。

[0013] 所述主控模块得到惯性平台方位轴、俯仰轴和横滚轴的脉冲控制信号的实现方式为：

[0014] (2.1) 主控模块将载体相对于惯性空间的航向角与航迹角作差得到载体相对于惯性空间的偏航角；

[0015] (2.2) 将步骤 (2.1) 得到的偏航角分解为载体方位轴、俯仰轴和横滚轴相对于惯性空间的偏航角；

[0016] (2.3) 分别将步骤 (2.2) 得到的载体各个轴相对于惯性空间的偏航角与角位置采集模块采集得到的惯性平台与载体相应轴之间的夹角作差得到惯性平台各个轴相对于惯性空间的位置角度信号；

[0017] (2.4) 将步骤 (2.3) 得到的位置角度信号求导得到惯性平台各个轴相对于惯性空间的角速率值；

[0018] (2.5) 根据步骤 (2.4) 中惯性平台各个轴相对于惯性空间的角速率值以及速率陀螺模块采集得到的惯性平台各个轴相对于惯性空间的角速率，得到惯性平台各个轴相对于惯性空间的角速率补偿值；

[0019] (2.6) 主控模块根据步骤 (2.5) 得到的角速率补偿值，通过超前滞后控制算法得到惯性平台方位轴、俯仰轴和横滚轴的脉冲控制信号。

[0020] 所述惯性稳定控制器通过惯性导航模块固定安装在载体上，且安装后惯性导航模块的 X 轴指向载体驾驶室、Y 轴垂直载体、Z 轴垂直地面。

[0021] 所述主控模块包括两路通讯接口，其中一路与惯性导航模块通讯，另一路备用；主控模块同时通过串口扩展模块扩展得到四路通讯接口，其中一路与管理控制模块进行通讯，另三路与速率陀螺采集模块进行通讯。

[0022] 所述方位电机驱动模块、俯仰电机驱动模块和横滚电机驱动模块均采用芯片 L6205 实现，能够驱动电压范围在 8V ～ 52V、电流为 2.8A 的直流电机，包括直流力矩电机、直流音圈电机、直流伺服电机和直流步进电机。

[0023] 所述角位置采集模块兼容多通道旋转变压器和光电码盘。

[0024] 所述速率陀螺模块兼容 A/D 转换和数字串口两种模式。

[0025] 本发明与现有技术相比的有益效果是：

[0026] (1) 当前惯性稳定控制器仅适用于数字或模拟输入、通讯接口有限、功能单一，本控制器的主控模块通过串口扩展模块扩展了主控模块的接口，同时角位置采集模块和速率陀螺采集模块均扩展了接口，具有兼容性强，接口多，稳定性好等特点，可适用于摆扫式、指向式和跟踪式多种成像系统；

[0027] (2) 传统的稳定控制器采用一个控制器驱动一个电机，最后通过一个管理电路将各控制器相连，本控制器通过三种驱动模块可同时驱动三台直流电机，同时采集三路角位置和角速率信息，可实现三轴控制的功能；

[0028] (3) 本发明采用电机驱动模块，可实现电压范围 8V ～ 52V、连续电流 2.8A 的直流电机，其中直流电机包括力矩电机、音圈电机、伺服电机和步进电机。与当前惯性稳定控制器相比，驱动功率大，适用电机范围宽；

[0029] (4) 本发明速率陀螺模块兼容模拟电压和数字通讯的接口，角位置采集模块兼容多通道旋转变压器和光电码盘信号，与当前惯性稳定控制器相比，具有较强的通用性能。

附图说明

[0030] 图 1 为本发明系统框图；

[0031] 图 2 为主控模块的控制实现框图。

具体实施方式

[0032] 下面结合附图对本发明的具体实施方式进行进一步的详细描述：

[0033] 惯性稳定控制器和惯性平台均搭载在载体上，惯性稳定控制器用于控制载体上惯性平台的稳定。图 1 为本发明惯性稳定控制器的系统框图，包括主控模块、方位电机驱动模块、俯仰电机驱动模块、横滚电机驱动模块、速率陀螺采集模块、角位置采集模块、E^2PROM 数据存储模块、串口扩展模块、管理控制模块、惯性导航模块和二次电源模块。

[0034] 惯性导航模块通过四个安装口固定连接在载体上，且安装后惯性导航模块的 X 轴指向载体驾驶室、Y 轴垂直载体、Z 轴垂直地面。惯性导航模块采集载体相对于惯性空间的航向角，并输出给主控模块。

[0035] 管理控制模块在载体运行之前接收上位机设定的载体航迹角，并在载体运行过程中采集载体相对于惯性空间的实际航迹角，并将这两种航迹角均通过串口扩展模块输出给主控模块。

[0036] 角位置采集模块兼容解算旋转变压器的芯片 H2S44 和解算光电码盘的 14 位的 A/D 芯片 AD9240，在载体运行过程中分别采集惯性平台方位轴与载体方位轴、惯性平台俯仰轴与载体俯仰轴、惯性平台横滚轴与载体横滚轴之间的夹角，并将采集得到的夹角进行轴角 - 数字转换后输出给主控模块。

[0037] 速率陀螺模块兼容 14 位的 A/D 芯片 AD9240 和数字式的 RS422 通讯接口，在载体运行过程中分别采集惯性平台的方位轴、俯仰轴和横滚轴相对于惯性空间的角速率，并通过串口扩展模块输出给主控模块。

[0038] 数据存储模块通过 E^2PROM 实现，用于存储方位电机驱动模块、俯仰电机驱动模块和横滚电机驱动模块的控制参数，系统初始化时供主控模块读取控制参数驱动三轴电机。

[0039] 主控模块通过串口扩展模块 TL16C554 和符合标准 RS-422 电气接口协议的

AM26LS31/32 接口芯片获得扩展的 4 路 RS422 通讯接口，主控模块本身具备两路通讯接口，一路与惯性导航模块通讯，另一路作为备用；扩展的四路通讯接口，一路与管理控制模块进行通讯，另三路接收数字式速率陀螺信号。

[0040] 主控模块根据载体相对于惯性空间的航向角、航迹角、惯性平台方位轴与载体方位轴之间的夹角、惯性平台俯仰轴与载体俯仰轴之间的夹角以及惯性平台横滚轴与载体横滚轴之间的夹角计算得到惯性平台各个轴相对于惯性空间的位置角度信号，结合速率陀螺模块采集得到的惯性平台各个轴相对于惯性空间的角速率，得到惯性平台方位轴、俯仰轴和横滚轴的脉冲控制信号，并将惯性平台方位轴、俯仰轴和横滚轴的脉冲控制信号以及从 E^2PROM 读取的控制参数分别输出给方位电机驱动模块、俯仰电机驱动模块和横滚电机驱动模块；所述航迹角为上位机设定的载体航迹角或载体相对于惯性空间的实际航迹角。

[0041] 得到惯性平台方位轴、俯仰轴和横滚轴的脉冲控制信号具体实现方式为：

[0042] (1) 主控模块将载体相对于惯性空间的航向角与航迹角作差得到载体相对于惯性空间的偏航角；

[0043] (2) 将步骤 (1) 得到的偏航角分解为载体方位轴、俯仰轴和横滚轴相对于惯性空间的偏航角；

[0044] (3) 分别将步骤 (2) 得到的载体各个轴相对于惯性空间的偏航角与角位置采集模块采集得到的惯性平台与载体相应轴之间的夹角作差得到惯性平台各个轴相对于惯性空间的位置角度信号；

[0045] (4) 将步骤 (3) 得到的位置角度信号求导得到惯性平台各个轴相对于惯性空间的角速率值；

[0046] (5) 根据步骤 (4) 中惯性平台各个轴相对于惯性空间的角速率值以及速率陀螺模块采集得到的惯性平台各个轴相对于惯性空间的角速率，得到惯性平台各个轴相对于惯性空间的角速率补偿值；

[0047] (6) 主控模块根据步骤 (5) 得到的角速率补偿值，通过超前滞后控制算法得到惯性平台方位轴、俯仰轴和横滚轴的脉冲控制信号。

[0048] 方位电机驱动模块、俯仰电机驱动模块和横滚电机驱动模块根据接收到的脉冲控制信号分别驱动惯性平台上方位电机、俯仰电机和横滚电机旋转，从而实现对惯性平台的稳定控制；

[0049] 二次电源模块对外部电源提供的电压进行转换，分别为主控模块、速率陀螺采集模块、角位置采集模块、方位电机驱动模块、俯仰电机驱动模块和横滚电机驱动模块供电。二次电源模块经过转换后，为主控模块提供 3.3V 和 1.8V 的电压，为速率陀螺采集模块提供 5V 的电压，为角位置采集模块提供 12V 的电压，为电机驱动模块提供 8V ～ 52V 的电压。

[0050] 电机驱动模块采用芯片 L6205 实现，可驱动电压范围在 8V ～ 52V 之间、连续电流 2.8A 的直流电机（直流力矩电机、直流音圈电机、直流伺服电机和直流步进电机）；速率陀螺采集模块兼容 A/D 转换和数字串口两种模式；角位置采集模块兼容多通道旋转变压器和光电码盘；数据存储模块可实现 1M 数据的存储功能；通讯接口包括 1 路 RS232 和 4 路 RS422，可分别实现与惯性导航模块、速率陀螺采集模块和管理控制模块。

[0051] 本发明主控模块通过速率陀螺模块和角位置采集模块完成角速率和角度信号的采集；其次，接收管理控制模块和惯性导航模块指令信号，并将控制参数和通讯中的关键参

数存储在 E^2PROM 中；最后，主控模块采集的参数，通过直流电机驱动模块控制直流电机，形成完整的闭环控制回路，实现惯性稳定控制功能。

[0052] 本发明满足航空遥感领域适合于三轴惯性稳定并兼容数字与模拟输入，具备通用性。主要解决载机高、低频扰动对成像质量的影响。该控制器适用于单轴、两轴或三轴的惯性稳定平台，可实现摆扫式、指向式和跟踪式等多功能成像（根据管理控制模块的指令要求实现上述摆扫、指向和跟踪功能），采用速率陀螺作为速率检测器件大大提高惯性控制精度。

[0053] 图 2 为主控模块的控制框图，由于载机飞行过程中，受环境条件和其他因素的影响，不能始终保持平稳飞行。在航拍、跟踪过程中，对成像质量产生很大的影响，因此提出采用多轴多框架的控制方式。首先通过机载惯性导航模块获取姿态信息，通过管理控制模块获取指令信息，并将二者信息作为目标信号，以角位置采集模块接收的角度信息作为反馈角度，将上述信息做差处理得到角误差信号；其次，角误差信号经主控模块中的位置环校正环节处理后得到速率环的输入信号，通过速率陀螺读取惯性空间角速率信号，将二者信息做差处理得到速率误差信号；最后，速度误差信号经主控芯片中的速率环校正环节处理后得到的信号，通过读取存储模块中存储的控制参数，通过超前滞后的控制算法计算，输出 PWM 信号给功率放大器，进而控制电机旋转，实现航拍或跟踪等功能。

[0054] 将本发明应用于摆扫式稳定平台，可在有效时间内获取宽视场信息并具有像移补偿的功能。

[0055] 本发明集驱动、采集、存储、通讯于一体，具有如下功能：

[0056] (1) 具有多通道数据采集功能：通过串口扩展芯片 TL16C554，将原有 2 路通讯串口扩展为 6 路，可采用 RS422 和 RS232 等通讯方式，与上位机、管控电路或数据采集模块等通讯；

[0057] (2) 具有多轴电机同时驱动功能：对于摆扫成像系统可实现两轴同步控制，对于两轴或三轴吊舱可实现最多三轴同步控制；

[0058] (3) 具有多功能惯性稳定控制：摆扫成像系统扫描精度可达 5‰，视频跟踪精度可达 15 μrad，跟踪航迹精度可达 20 μrad；

[0059] (4) 可驱动电压范围为 8V ～ 52V、连续电流 2.8A 的直流电机，包括直流力矩电机、直流音圈电机、直流伺服电机和直流步进电机控制；

[0060] (5) 可采集角位置信号，兼容多通道旋转变压器和光电码盘信号；

[0061] (6) 可采集速率陀螺信号，兼容数字和模拟输出。

[0062] 本发明的控制器通过采集速率陀螺信息实现惯性空间稳定，从而可以消除由于载机高、低频扰动对摆扫或跟踪成像等系统的影响；通过采集惯性平台与载体相应轴之间的角度信息，可实现角度跟踪；考虑载机扰动的三轴性，单轴或两轴的驱动控制均会导致过顶问题（一轴失效），因此提出采用最多三轴控制，但同时也适用于单轴、两轴或三轴的惯性稳定平台。

[0063] 本发明说明书中未作详细描述的内容属于本领域专业技术人员的公知技术。

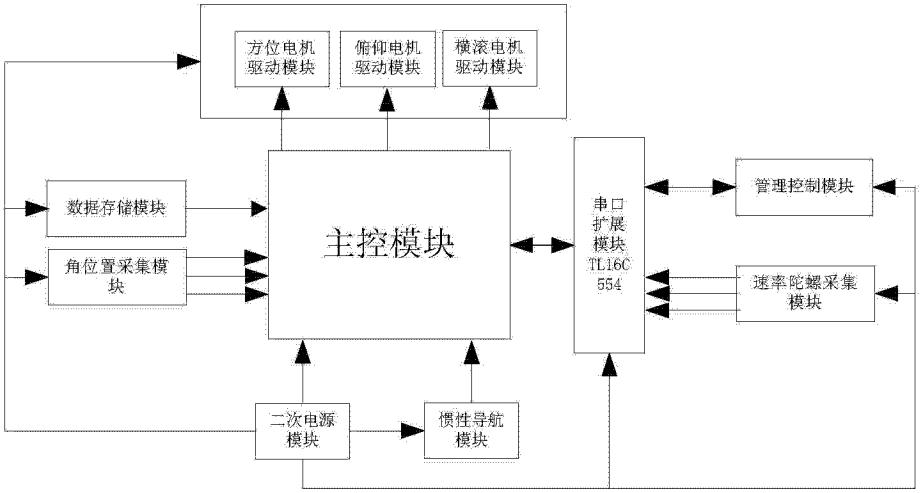

方位电机驱动模块
俯仰电机驱动模块
横滚电机驱动模块
数据存储模块
角位置采集模块
主控模块
串口扩展模块TL16C554
管理控制模块
速率陀螺采集模块
二次电源模块
惯性导航模块

图 1

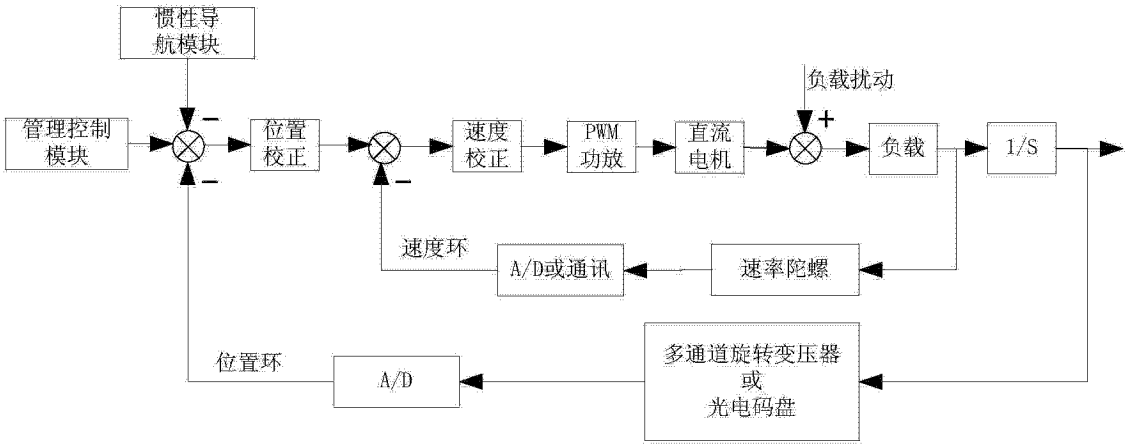

惯性导航模块
管理控制模块
位置校正
速度校正
PWM功放
直流电机
负载扰动
负载
1/S
速度环
A/D或通讯
速率陀螺
位置环
A/D
多通道旋转变压器或光电码盘

图 2