



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105564670 A

(43) 申请公布日 2016. 05. 11

(21) 申请号 201510824131. 6

(22) 申请日 2015. 11. 24

(71) 申请人 沈阳航空航天大学

地址 110136 辽宁省沈阳市道义经济开发区  
道义南大街 37 号

(72) 发明人 杨靖宇 张杜江 刘智奇 顾明铖  
孙忠睿 杨康

(74) 专利代理机构 沈阳火炬专利事务所（普通  
合伙） 21228

代理人 李福义

(51) Int. Cl.

B64G 99/00(2009. 01)

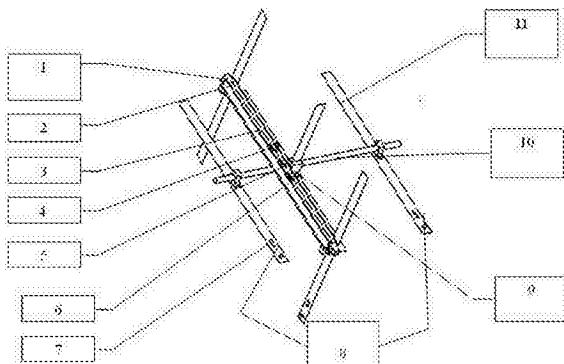
权利要求书4页 说明书10页 附图3页

(54) 发明名称

一种空间站动力学与控制实验平台设计方法

(57) 摘要

一种空间站动力学与控制实验平台设计方法，包括如下步骤：步骤 1：根据中国未来空间站系统布局结构图，设计空间站结构模型；步骤 2：选型；步骤 3：具体接线与安装；本发明的优点：本发明采用上述技术方案，具有以下有益效果：在航天器姿态与结构振动协同控制领域能够简便、高精度的实现大型航天器结构振动与姿态协同控制的关键动力学与控制问题，解决了智能化实验平台的设计，避免了现有技术中大型航天器姿态控制与结构振动耦合问题缺乏试验验证的问题。



1.一种空间站动力学与控制实验平台设计方法,其特征在于:包括如下步骤:

步骤1:根据中国未来空间站系统布局结构图,设计空间站结构模型;空间站结构模型包括编码器、SK立式轴承支座、太阳翼模型结构、舱室模型结构、带座轴承、凸型滑块、T型螺母、压电片、压电加速度传感器、联轴器、滑块导槽、丝杠、四通管、直流电机减速器组合体、丝杠选型、固定支架、非自锁限位开关、非自锁限位开关5V直流电源和Dspace;

确定相应的编码器、SK立式轴承支座、太阳翼模型结构、舱室模型结构、带座轴承、凸型滑块、压电加速度传感器、联轴器、滑块导槽、丝杠、四通管、直流电机减速器组合体、丝杠选型、固定支架、非自锁限位开关、非自锁限位开关5V直流电源、Dspace配置数量及装配位置;

步骤2:对相应的编码器、SK立式轴承支座、太阳翼模型结构、舱室模型结构、带座轴承、凸型滑块、压电加速度传感器、联轴器、滑块导槽、四通管、直流电机减速器组合体、丝杠选型、固定支架、非自锁限位开关、非自锁限位开关5V直流电源和Dspace进行选型;

步骤3:对相应的编码器、SK立式轴承支座、太阳翼模型结构、舱室模型结构、带座轴承、凸型滑块、压电加速度传感器、联轴器、滑块导槽、T型螺母、压电片、直流电机减速器组合体、丝杠、固定支架、非自锁限位开关、非自锁限位开关5V直流电源、Dspace接线与安装;

步骤4:通过采用MATLAB/Simulink空间站结构振动与姿态协同控制系统控制算法,设置相关通道;

步骤5:将MATLAB/Simulink控制算法下载到Dspace硬件当中,在线运行与监测。

2.根据权利要求1所述的空间站动力学与控制实验平台设计方法,其特征在于:

所述的步骤3具体接线与安装为:压电加速度传感器的接线与安装:压电加速度传感器应粘接在太阳翼模型结构表面,每个压电加速度传感器与Dspace AD通道相连;

编码器接线与安装:编码器应与Dspace增量编码器接口连接,其与SK立式轴承座配合;编码器安装在舱室模型结构端面,采用同轴连接;

太阳翼模型结构安装:太阳翼模型结构应与SK立式轴承座底面粘接或者采用螺母连接均可;

滑块导槽的安装:滑块导槽与SK立式轴承座侧面粘接或者螺母连接;

非自锁限位开关接线与安装:与配套电源形成并联回路;

凸型滑块安装:凸型滑块与滑块导槽间隙配合;

T型螺母安装:T型螺母外表面与凸型滑块过盈配合,T型螺母螺纹与丝杠螺纹配合;

压电片安装:压电片与太阳翼模型结构粘接;

丝杠安装:丝杠首先应与两个T型螺母采用螺纹配合,凸型滑块居于两个T型螺母中间位置;

直流电机减速组合体接线与安装:电机减速组合体与丝杠采用联轴器连接,其正负极直接与Dspace AD通道相连接;

四通管选型依据:与轴形成过盈配合;

四通管安装:四通管安装位置位于舱室模型结构十字交叉连接处,将空间实验室模型结构、前部实验舱模型结构、飞船轨道舱模型结构连接在一起;

非自锁限位开关5V直流电源和Dspace安装:该装置应放置在实验台上,将导线与试验模型相应元件连接;

固定支架安装:固定支架上安装径向轴承,该径向轴承与舱室结构模型采用过盈配合。

3.根据权利要求1所述的空间站动力学与控制实验平台设计方法,其特征在于:

所述的步骤4中空间站结构振动与姿态协同控制系统包括协同控制系统中姿态控制模块和协同控制系统中结构振动控制模块,其中协同控制系统中姿态控制模块包含:非自锁限位开关、电机减速器组合体、丝杠、非自锁限位开关5V直流电源一个、滑块导槽、联轴器、带座轴承、编码器、SK立式轴承支座、联轴器和Dspace;

协同控制系统中结构振动控制模块包含:编码器、SK立式轴承支座、太阳翼模型结构、舱室模型结构、四通管、带座轴承、压电加速度传感器、联轴器和Dspace;

上述两个模块包含共用部件为:Dspace和编码器;

协同控制算法采用模块化设计,其模块数量取决于姿态控制模块的数量以及结构振动控制模块的数量;

其中非自锁限位开关安装工位说明:丝杠的左端与右端各一个,其中非自锁限位开关5V直流电源说明:直流电源用于限位开关的供电,限位开关闭合后电路导通;

单个空间站结构振动与姿态协同控制算法模块的流程如下:

其计算过程如下:

步骤1:将编码器初始化参数

步骤2:

步骤2.1:将行程开关1和行程开关2收集到的数据进行或运算;

步骤2.2:将步骤2.1得出的数据与0进行比较,如果大于0,则输出1,否则输出0;

步骤2.3:将步骤2.2得出的数据与常数0进行异或运算;

步骤3:

步骤3.1:将编码器采集到的数据乘以比例系数;

步骤3.2:将步骤3.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0;

步骤4:将压电加速度传感器收集到的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0;

步骤5:

步骤5.1:将步骤2.3和步骤3.2得出的数据进行与运算;

步骤5.2:将步骤5.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1;

步骤5.3:将步骤5.2得出的数据转化为double类型的数据格式;

步骤5.4:将步骤5.3得出的数据通过输出通道1和输出通道2进行输出;

步骤6:

步骤6.1:将步骤3.2和步骤4得出的数据进行与运算;

步骤6.2:将步骤6.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1;

步骤6.3:将步骤6.2得出的数据转化为double类型的数据格式;

步骤6.4:将步骤6.3得出的数据通过输出通道3进行输出;

带有5个压电加速度传感器的结构振动控制模块与1个姿态控制模块的控制算法流程如下:其计算过程如下:

步骤1:将编码器初始化参数

步骤2:

步骤2.1:将行程开关1和行程开关2收集到的数据进行或运算;

步骤2.2:将步骤2.1得出的数据与0进行比较,如果大于0,则输出1,否则输出0;

步骤2.3:将步骤2.2得出的数据与常数0进行异或运算;

步骤3:

步骤3.1:将编码器采集到的数据乘以比例系数;

步骤3.2:将步骤3.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0;

步骤4:将压电加速度传感器1收集到的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0;

步骤5:将压电加速度传感器2收集到的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0;

步骤6:将压电加速度传感器3收集到的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0;

步骤7:将压电加速度传感器4收集到的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0;

步骤8:将压电加速度传感器5收集到的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0;

步骤9:

步骤9.1:将步骤2.3和步骤3.2得出的数据进行与运算;

步骤9.2:将步骤9.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1;

步骤9.3:将步骤9.2得出的数据转化为double类型的数据格式;

步骤9.4:将步骤9.3得出的数据通过输出通道1和输出通道2进行输出;

步骤10:

步骤10.1:将步骤3.2和步骤4得出的数据进行与运算;

步骤10.2:将步骤10.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1;

步骤10.3:将步骤10.2得出的数据转化为double类型的数据格式;

步骤10.4:将步骤10.3得出的数据通过输出通道3进行输出;

步骤11:

步骤11.1:将步骤3.2和步骤5得出的数据进行与运算;

步骤11.2:将步骤11.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1;

步骤11.3:将步骤11.2得出的数据转化为double类型的数据格式;

步骤11.4:将步骤11.3得出的数据通过输出通道4进行输出;

步骤12:

步骤12.1:将步骤3.2和步骤6得出的数据进行与运算;

步骤12.2:将步骤12.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1;

步骤12.3:将步骤12.2得出的数据转化为double类型的数据格式;

步骤12.4:将步骤12.3得出的数据通过输出通道5进行输出;

步骤13:

- 步骤13.1:将步骤3.2和步骤7得出的数据进行与运算;
- 步骤13.2:将步骤13.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1;
- 步骤13.3:将步骤13.2得出的数据转化为double类型的数据格式;
- 步骤13.4:将步骤13.3得出的数据通过输出通道6进行输出;
- 步骤14:
- 步骤14.1:将步骤3.2和步骤8得出的数据进行与运算;
- 步骤14.2:将步骤14.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1;
- 步骤14.3:将步骤14.2得出的数据转化为double类型的数据格式;
- 步骤14.4:将步骤14.3得出的数据通过输出通道7进行输出。

## 一种空间站动力学与控制实验平台设计方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种空间站动力学与控制实验平台设计方法，属于机械结构力学与控制领域。

### 背景技术

[0002] 空间属于大型航天器，由于其结构跨度大、阻尼弱在轨运行期间，容易引发结构振动，影响空间站的使用寿命以及姿态控制的安全性与可靠性，因而空间站结构振动与姿态控制的研究具有重要的意义。

[0003] 现有空间站姿态控制中没有考虑结构振动与姿态协同控制问题，凸显了结构振动与姿态控制中的“协同控制”问题，空间站动力学与控制实验平台的设计主要用于研究与分析大型航天器在轨运行期间，结构振动与姿态控制耦合情况，设计相应的协同控制算法缓减或消除其耦合作用，以便使大型航天器具有更高的控制精度和可靠性。

### 发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是针对上述背景技术的不足，提供了一种空间站动力学与控制实验平台设计方法。本发明为实现上述发明目的采用如下技术方案：一种空间站动力学与控制实验平台设计方法，包括如下步骤：

[0005] 步骤1：根据中国未来空间站系统布局结构图，设计空间站结构模型；空间站结构模型包括编码器、SK立式轴承支座、太阳翼模型结构、舱室模型结构、带座轴承、凸型滑块、T型螺母、压电片、压电加速度传感器、联轴器、滑块导槽、丝杠、四通管、直流电机减速器组合体、丝杠选型、固定支架、非自锁限位开关、非自锁限位开关5V直流电源和Dspace；

[0006] 确定相应的编码器、SK立式轴承支座、太阳翼模型结构、舱室模型结构、带座轴承、凸型滑块、压电加速度传感器、联轴器、滑块导槽、丝杠、四通管、直流电机减速器组合体、丝杠选型、固定支架、非自锁限位开关、非自锁限位开关5V直流电源、Dspace配置数量及装配位置；

[0007] 步骤2：对相应的编码器、SK立式轴承支座、太阳翼模型结构、舱室模型结构、带座轴承、凸型滑块、压电加速度传感器、联轴器、滑块导槽、四通管、直流电机减速器组合体、丝杠选型、固定支架、非自锁限位开关、非自锁限位开关5V直流电源和Dspace进行选型；

[0008] 步骤3：对相应的编码器、SK立式轴承支座、太阳翼模型结构、舱室模型结构、带座轴承、凸型滑块、压电加速度传感器、联轴器、滑块导槽、T型螺母、压电片、直流电机减速器组合体、丝杠、固定支架、非自锁限位开关、非自锁限位开关5V直流电源、Dspace接线与安装；

[0009] 所述的步骤3具体接线与安装为：压电加速度传感器的接线与安装：压电加速度传感器 应粘接在太阳翼模型结构表面，每个压电加速度传感器与Dspace AD通道相连；

[0010] 编码器接线与安装：编码器应与Dspace增量编码器接口连接，其与SK立式轴承座配合；编码器安装在舱室模型结构端面，采用同轴连接；

- [0011] 太阳翼模型结构安装:太阳翼模型结构应与SK立式轴承座底面粘接或者采用螺母连接均可;
- [0012] 滑块导槽的安装:滑块导槽与SK立式轴承座侧面粘接或者螺母连接;
- [0013] 非自锁限位开关接线与安装:与配套电源形成并联回路;
- [0014] 凸型滑块安装:凸型滑块与滑块导槽间隙配合;
- [0015] T型螺母安装:T型螺母外表面与凸型滑块过盈配合,T型螺母螺纹与丝杠螺纹配合;
- [0016] 压电片安装:压电片与太阳翼模型结构粘接;
- [0017] 丝杠安装:丝杠首先应与两个T型螺母采用螺纹配合,凸型滑块居于两个T型螺母中间位置;
- [0018] 直流电机减速组合体接线与安装:电机减速组合体与丝杠采用联轴器连接,其正负极直接与Dspace AD通道相连接。
- [0019] 四通管选型依据:与轴形成过盈配合;
- [0020] 四通管安装:四通管安装位置位于舱室模型结构十字交叉连接处,将空间实验室模型结构、前部实验舱模型结构、飞船轨道舱模型结构连接在一起;
- [0021] 非自锁限位开关5V直流电源和Dspace安装:该装置应放置在实验台上,将导线与试验模型相应元件连接;
- [0022] 固定支架安装:固定支架上安装径向轴承,该径向轴承与舱室结构模型采用过盈配合;
- [0023] 步骤4:通过采用MATLAB/Simulink空间站结构振动与姿态协同控制系统控制算法,设置相关通道;
- [0024] 空间站结构振动与姿态协同控制系统包括协同控制系统中姿态控制模块和协同控制系统中结构振动控制模块,其中协同控制系统中姿态控制模块包含:非自锁限位开关、电机减速器组合体、丝杠、非自锁限位开关5V直流电源一个、滑块导槽、联轴器、带座轴承、编码器、SK立式轴承支座、联轴器和Dspace;
- [0025] 协同控制系统中结构振动控制模块包含:编码器、SK立式轴承支座、太阳翼模型结构、舱室模型结构、四通管、带座轴承、压电加速度传感器、联轴器和Dspace;
- [0026] 上述两个模块包含共用部件为:Dspace和编码器;
- [0027] 协同控制算法采用模块化设计,其模块数量取决于姿态控制模块的数量以及结构振动控制模块的数量。
- [0028] 其中非自锁限位开关安装工位说明:丝杠的左端与右端各一个,其中非自锁限位开关5V直流电源说明:直流电源用于限位开关的供电,限位开关闭合后电路导通。
- [0029] 单个空间站结构振动与姿态协同控制算法模块的流程如下:
- [0030] 其计算过程如下:
- [0031] 步骤1:将编码器初始化参数
- [0032] 步骤2:
- [0033] 步骤2.1:将行程开关1和行程开关2收集到的数据进行或运算;
- [0034] 步骤2.2:将步骤2.1得出的数据与0进行比较,如果大于0,则输出1,否则输出0;
- [0035] 步骤2.3:将步骤2.2得出的数据与常数0进行异或运算;

- [0036] 步骤3:
- [0037] 步骤3.1:将编码器采集到的数据乘以比例系数;
- [0038] 步骤3.2:将步骤3.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0;
- [0039] 步骤4:将压电加速度传感器收集到的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0;
- [0040] 步骤5:
- [0041] 步骤5.1:将步骤2.3和步骤3.2得出的数据进行与运算;
- [0042] 步骤5.2:将步骤5.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1;
- [0043] 步骤5.3:将步骤5.2得出的数据转化为double类型的数据格式;
- [0044] 步骤5.4:将步骤5.3得出的数据通过输出通道1和输出通道2进行输出;
- [0045] 步骤6:
- [0046] 步骤6.1:将步骤3.2和步骤4得出的数据进行与运算;
- [0047] 步骤6.2:将步骤6.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1;
- [0048] 步骤6.3:将步骤6.2得出的数据转化为double类型的数据格式;
- [0049] 步骤6.4:将步骤6.3得出的数据通过输出通道3进行输出;
- [0050] 带有5个压电加速度传感器的结构振动控制模块与1个姿态控制模块的控制算法流程如下:
  - [0051] 其计算过程如下:
  - [0052] 步骤1:将编码器初始化参数
  - [0053] 步骤2:
    - [0054] 步骤2.1:将行程开关1和行程开关2收集到的数据进行或运算;
    - [0055] 步骤2.2:将步骤2.1得出的数据与0进行比较,如果大于0,则输出1,否则输出0;
    - [0056] 步骤2.3:将步骤2.2得出的数据与常数0进行异或运算;
  - [0057] 步骤3:
    - [0058] 步骤3.1:将编码器采集到的数据乘以比例系数;
    - [0059] 步骤3.2:将步骤3.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0;
  - [0060] 步骤4:将压电加速度传感器1收集到的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0;
  - [0061] 步骤5:将压电加速度传感器2收集到的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0;
  - [0062] 步骤6:将压电加速度传感器3收集到的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0;
  - [0063] 步骤7:将压电加速度传感器4收集到的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0;
  - [0064] 步骤8:将压电加速度传感器5收集到的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出

- 1,否则输出0;
- [0065] 步骤9:
- [0066] 步骤9.1:将步骤2.3和步骤3.2得出的数据进行与运算;
- [0067] 步骤9.2:将步骤9.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1;
- [0068] 步骤9.3:将步骤9.2得出的数据转化为double类型的数据格式;
- [0069] 步骤9.4:将步骤9.3得出的数据通过输出通道1和输出通道2进行输出;
- [0070] 步骤10:
- [0071] 步骤10.1:将步骤3.2和步骤4得出的数据进行与运算;
- [0072] 步骤10.2:将步骤10.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1;
- [0073] 步骤10.3:将步骤10.2得出的数据转化为double类型的数据格式;
- [0074] 步骤10.4:将步骤10.3得出的数据通过输出通道3进行输出;
- [0075] 步骤11:
- [0076] 步骤11.1:将步骤3.2和步骤5得出的数据进行与运算;
- [0077] 步骤11.2:将步骤11.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1;
- [0078] 步骤11.3:将步骤11.2得出的数据转化为double类型的数据格式;
- [0079] 步骤11.4:将步骤11.3得出的数据通过输出通道4进行输出;
- [0080] 步骤12:
- [0081] 步骤12.1:将步骤3.2和步骤6得出的数据进行与运算;
- [0082] 步骤12.2:将步骤12.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1;
- [0083] 步骤12.3:将步骤12.2得出的数据转化为double类型的数据格式;
- [0084] 步骤12.4:将步骤12.3得出的数据通过输出通道5进行输出;
- [0085] 步骤13:
- [0086] 步骤13.1:将步骤3.2和步骤7得出的数据进行与运算;
- [0087] 步骤13.2:将步骤13.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1;
- [0088] 步骤13.3:将步骤13.2得出的数据转化为double类型的数据格式;
- [0089] 步骤13.4:将步骤13.3得出的数据通过输出通道6进行输出;
- [0090] 步骤14:
- [0091] 步骤14.1:将步骤3.2和步骤8得出的数据进行与运算;
- [0092] 步骤14.2:将步骤14.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1;
- [0093] 步骤14.3:将步骤14.2得出的数据转化为double类型的数据格式;
- [0094] 步骤14.4:将步骤14.3得出的数据通过输出通道7进行输出;
- [0095] 步骤5:将MATLAB/Simulink控制算法下载到Dspace硬件当中,在线运行与监测。
- [0096] 本发明的优点

[0097] 本发明采用上述技术方案，具有以下有益效果：在航天器姿态与结构振动协同控制领域能够简便、高精度的实现大型航天器结构振动与姿态协同控制的关键动力学与控制问题，解决了智能化实验平台的设计，避免了现有技术中大型航天器姿态控制与结构振动耦合问题缺乏试验验证的问题。

## 附图说明

[0098] 图1是本发明空间站系统布局结构图；

[0099] 图2是本发明空间站系统结构模型；

[0100] 图3空间站动力学与控制系统平台；

[0101] 图4是本发明单个空间站结构振动与姿态协同控制算法模块的流程图；

图5是本发明带有5个压电加速度传感器的结构振动控制模块与1个姿态控制模块的控制算法流程图；

[0102] 图中：1直流电机减速器组合体、2联轴器、3滑块导槽、4凸型滑块、5带座轴承、6T型螺母、7压电片、8压电加速度传感器、9SK立式轴承座、10舱室模型结构、11太阳翼模型结构、12四通管、13编码器、14丝杠、15非自锁限位开关、16固定支架、17空间实验室、18前部实验舱、19太阳能电池、20推进发动机、21电池连接支架、22飞船推进舱、23“神州”飞船、24飞船轨道舱。

## 具体实施方式

[0103] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0104] 一种空间站动力学与控制实验平台设计方法，包括如下步骤：

[0105] 步骤1：如图1、2和3所示，根据中国未来空间站系统布局结构图，设计空间实验室17结构模型；空间实验室17结构模型包括编码器、SK立式轴承支座9、太阳翼模型结构11、舱室模型结构10、带座轴承5、凸型滑块4、T型螺母6、压电片7、压电加速度传感器8、联轴器2、滑块导槽3、四通管12、电机减速器组合体1、丝杠14、固定支架16、非自锁限位开关15、非自锁限位开关5V直流电源和Dspace；

[0106] 确定相应的编码器13、SK立式轴承支座9、太阳翼模型结构11、舱室模型结构10、带座轴承5、凸型滑块4、压电加速度传感器8、联轴器2、滑块导槽3、四通管12、直流电机减速器组合体1、丝杠14、固定支架16、非自锁限位开关15、非自锁限位开关5V直流电源、Dspace配置数量及装配位置；

[0107] 选取协同控制系统中姿态控制模块包含：非自锁限位开关15(4个)、直流电机减速器组合体1(2个)、丝杠14(2个)、非自锁限位开关5V直流电源一个、滑块导槽3(1个)、联轴器2(2个)、带座轴承5(4个)、编码器13(1个)、SK立式轴承支座9(2个)、联轴器2(2个)、Dspace(一台)。

[0108] 协同控制系统中结构振动控制模块包含：编码器13(1个)、SK立式轴承支座9(7个)、太阳翼模型结构11(6个)、舱室模型结构10(3个)、带座轴承5(2个)、压电加速度传感器8(1个以上)、联轴器2(1个)、Dspace一台。

[0109] 上述两个模块包含共用部件为：Dspace(一台)、编码器(1个)

[0110] 步骤2：对相应的编码器13、SK立式轴承支座9、太阳翼模型结构11、舱室模型结构

10、带座轴承5、凸型滑块4、压电加速度传感器8、联轴器2、滑块导槽3、四通管12、直流电机减速器组合体1、丝杠14、固定支架16、非自锁限位开关15、非自锁限位开关5V直流电源和Dspace进行选型；

[0111] 编码器13选型依据：电源电压为DC+5±5%，输出波形为方波，工作寿命大于等于50000小时，工作温度为-40～+85℃，工作湿度-30℃～85%无结露，周期误差为±0.01倍的方波信号周期，信号位置误差小于等于1/18倍的信号周期。

[0112] SK立式轴承支座9选型依据：材质为铝合金，型号为SK系列立式轴承座，其内径大小取决于舱室模型结构外径尺寸，舱室模型结构应与SK系列立式轴承座形成过盈配合，可选用H/p配合、H/r配合、IT6级H/s配合、IT7级H/t配合；其中凸型滑块材质为铝合金，型号也为SK系列立式轴承座，凸型滑块应与滑块导槽间隙配合。可选用IT7～IT9级H/e配合、IT5～IT7级H/g配合、IT6～IT8级H/f配合、IT7～IT11级H/d配合；

[0113] 太阳翼模型结构11选型依据：材质为不锈钢板，厚度为1±0.5mm，其宽度为6～20mm；

[0114] 舱室模型结构10选型依据：材质为轴承钢，横截面为圆形，直径10～30mm长度为1000～2000mm；

[0115] 带座轴承5选型依据：轴承与舱室模型结构采用间隙配合或过盈配合，间隙配合可选用IT7～IT9级H/e配合、IT5～IT7级H/g配合、IT6～IT8级H/f配合、IT7～IT11级H/d配合；过盈配合，可选用H/p配合、H/r配合、IT6级H/s配合、IT7级H/t配合；

[0116] 压电加速度传感器8选型依据：选择IEPE压电加速度振动传感器，其性能指标如下：电缆接头为BNC接头、外壳材料为不锈钢、横向灵敏度应小于5%、幅值线性应小于1%、激励电压为18Vdc～28Vdc、激励电流为2～10mA、输出电压信号为±10V、输出阻抗为100Ω、灵敏度大于等于50mV/g、频响范围Hz(±10%)为0.2～4k、量程为大于等于±10g、温度范围为-40～+121℃、重量小于30克。

[0117] 联轴器2选型依据：联轴器为标准件，其与轴配合采用间隙配合，间隙配合可选用IT7～IT9级H/e配合、IT5～IT7级H/g配合、IT6～IT8级H/f配合、IT7～IT11级H/d配合；

[0118] 滑块导槽3选型依据：选用铝合金U型材系列；

[0119] 直流电机减速组合体1选型依据：选用JGY-370-12V系列，额定电压大于12V、空载转速大于等于237rpm、负载转速大于等于165rpm、负载扭矩0.3kg.cm、功率大于0.5W；

[0120] 丝杠14选型依据：选用带有螺纹丝杠，直径8～20mm，与T型铜螺母形成螺纹连接，可采用2A和2B级螺纹连接；

[0121] 四通管12选型依据：与轴形成过盈配合，可选用H/p配合、H/r配合、IT6级H/s配合、IT7级H/t配合；

[0122] 非自锁限位开关15选型依据：额定工作电压小于等于5V，其外形几何尺寸不得大于电机减速器组合体上端弹簧内径。

[0123] 限位开关电源选型依据：直流电源，额定工作电压小于等于5V。

[0124] 具体选择型号为：

[0125] 相应的编码器13型号：ISC3806-022G-1000B-5-24E；

[0126] SK立式轴承支座9型号：内径39mm SK立式轴承支座一个，内径28mm SK立式轴承支座一个，内径28mm SK立式轴承支座三个，内径10mm SK立式轴承支座四个；

- [0127] 四通管12型号:内径25mm;
- [0128] 舱室模型结构10型号:直径25mm轴3个,长度分别为0.5m、0.5m、1m;
- [0129] 太阳翼模型结构11型号:不锈钢板1\*60mm\*4001个;
- [0130] 带座轴承5型号:内径25mm
- [0131] 压电加速度传感器8型号:PCB压电加速度传感器
- [0132] 联轴器2型号:6\*8mm
- [0133] 滑块导槽3:28\*28\*1000mm铝合金U型槽
- [0134] 直流电机减速器组合体1型号:JGY-370-12V-230RPM
- [0135] 丝杠14型号:8\*1000mm
- [0136] 固定支架16:自制三角架,高度为1600mm
- [0137] 非自锁限位开关15型号:S-150-24
- [0138] 非自锁限位开关5V直流电源:任选
- [0139] Dspace型号;Cp1103。
- [0140] 步骤3:对相应的编码器13、SK立式轴承支座9、太阳翼模型结构11、舱室模型结构10、带座轴承5、凸型滑块4、压电加速度传感器8、联轴器2、滑块导槽3、T型螺母6、压电片7、直流电机减速器组合体1、丝杠14、固定支架16、非自锁限位开关15、非自锁限位开关5V直流电源、Dspace接线与安装;  
所述的步骤3具体接线与安装为:压电加速度传感器8的接线与安装:压电加速度传感器8应粘接在太阳翼模型结构11表面,每个压电加速度传感器8与Dspace AD通道相连;
- [0141] 编码器13接线与安装:编码器13应与Dspace增量编码器接口连接,其与SK立式轴承座9配合;编码器13安装在舱室模型结构10端面,采用同轴连接;
- [0142] 太阳翼模型结构11安装:太阳翼模型结构11应与SK立式轴承座9底面粘接或者采用螺母连接均可;
- [0143] 滑块导槽3的安装:滑块导槽3与SK立式轴承座9侧面粘接或者螺母连接;
- [0144] 非自锁限位开关15接线与安装:与配套电源形成并联回路;
- [0145] 凸型滑块4安装:凸型滑块4与滑块导槽3间隙配合;
- [0146] T型螺母6安装:T型螺母6外表面与凸型滑块4过盈配合,T型螺母6螺纹与丝杠14螺纹配合;
- [0147] 压电片7安装:压电片7与太阳翼模型结构11粘接;
- [0148] 丝杠14安装:丝杠14首先应与两个T型螺母6采用螺纹配合,凸型滑块4居于两个T型螺母6中间位置;
- [0149] 直流电机减速组合体1接线与安装:电机减速组合体1与丝杠14采用联轴器2连接,其正负极直接与Dspace AD通道相连接。
- [0150] 四通管12选型依据:与轴形成过盈配合;
- [0151] 四通管12安装:四通管12安装位置位于舱室模型结构10十字交叉连接处,将空间实验室17模型结构、前部实验舱18模型结构、飞船轨道舱21模型结构连接在一起;
- [0152] 非自锁限位开关5V直流电源和Dspace安装:该装置应放置在实验台上,将导线与试验模型相应元件连接;
- [0153] 固定支架16安装:固定支架16上安装径向轴承,该径向轴承与舱室结构模型采用

过盈配合；

[0155] 步骤4：设计MATLAB/Simulink空间站结构振动与姿态协同控制系统控制算法，设置相关通道；

[0156] 空间站结构振动与姿态协同控制系统包括协同控制系统中姿态控制模块和协同控制系统中结构振动控制模块，其中协同控制算法采用模块化设计，其模块数量取决于姿态控制模块的数量以及结构振动控制模块的数量。

[0157] 其中非自锁限位开关15安装工位说明：丝杠14的左端与右端各一个，其中非自锁限位开关5V直流电源说明：直流电源用于限位开关的供电，限位开关闭合后电路导通。

[0158] 单个空间站结构振动与姿态协同控制算法模块的流程如下：如图4所示，

[0159] 其计算过程如下：

[0160] 步骤1：将编码器初始化参数

[0161] 步骤2：

[0162] 步骤2.1：将行程开关1和行程开关2收集到的数据进行或运算。

[0163] 步骤2.2：将步骤2.1得出的数据与0进行比较，如果大于0，则输出1，否则输出0。

[0164] 步骤2.3：将步骤2.2得出的数据与常数0进行异或运算。

[0165] 步骤3：

[0166] 步骤3.1：将编码器采集到的数据乘以比例系数。

[0167] 步骤3.2：将步骤3.1得出的数据与0进行比较，如果大于等于0，则输出1，否则输出0。

[0168] 步骤4：将压电加速度传感器收集到的数据与0进行比较，如果大于等于0，则输出1，否则输出0。

[0169] 步骤5：

[0170] 步骤5.1：将步骤2.3和步骤3.2得出的数据进行与运算。

[0171] 步骤5.2：将步骤5.1得出的数据与0进行比较，如果大于等于0，则输出1，否则输出-1。

[0172] 步骤5.3：将步骤5.2得出的数据转化为double类型的数据格式。

[0173] 步骤5.4：将步骤5.3得出的数据通过输出通道1和输出通道2进行输出。

[0174] 步骤6：

[0175] 步骤6.1：将步骤3.2和步骤4得出的数据进行与运算。

[0176] 步骤6.2：将步骤6.1得出的数据与0进行比较，如果大于等于0，则输出1，否则输出-1。

[0177] 步骤6.3：将步骤6.2得出的数据转化为double类型的数据格式。

[0178] 步骤6.4：将步骤6.3得出的数据通过输出通道3进行输出。

[0179] 带有5个压电加速度传感器的结构振动控制模块与1个姿态控制模块的控制算法流程如下：如图5所示，

[0180] 其计算过程如下：

[0181] 步骤1：将编码器初始化参数

[0182] 步骤2：

[0183] 步骤2.1：将行程开关1和行程开关2收集到的数据进行或运算。

- [0184] 步骤2.2:将步骤2.1得出的数据与0进行比较,如果大于0,则输出1,否则输出0。
- [0185] 步骤2.3:将步骤2.2得出的数据与常数0进行异或运算。
- [0186] 步骤3:
- [0187] 步骤3.1:将编码器采集到的数据乘以比例系数。
- [0188] 步骤3.2:将步骤3.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0。
- [0189] 步骤4:将压电加速度传感器1收集到的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0。
- [0190] 步骤5:将压电加速度传感器2收集到的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0。
- [0191] 步骤6:将压电加速度传感器3收集到的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0。
- [0192] 步骤7:将压电加速度传感器4收集到的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0。
- [0193] 步骤8:将压电加速度传感器5收集到的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出0。
- [0194] 步骤9:
- [0195] 步骤9.1:将步骤2.3和步骤3.2得出的数据进行与运算。
- [0196] 步骤9.2:将步骤9.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1。
- [0197] 步骤9.3:将步骤9.2得出的数据转化为double类型的数据格式。
- [0198] 步骤9.4:将步骤9.3得出的数据通过输出通道1和输出通道2进行输出。
- [0199] 步骤10:
- [0200] 步骤10.1:将步骤3.2和步骤4得出的数据进行与运算。
- [0201] 步骤10.2:将步骤10.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1。
- [0202] 步骤10.3:将步骤10.2得出的数据转化为double类型的数据格式。
- [0203] 步骤10.4:将步骤10.3得出的数据通过输出通道3进行输出。
- [0204] 步骤11:
- [0205] 步骤11.1:将步骤3.2和步骤5得出的数据进行与运算。
- [0206] 步骤11.2:将步骤11.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1。
- [0207] 步骤11.3:将步骤11.2得出的数据转化为double类型的数据格式。
- [0208] 步骤11.4:将步骤11.3得出的数据通过输出通道4进行输出。
- [0209] 步骤12:
- [0210] 步骤12.1:将步骤3.2和步骤6得出的数据进行与运算。
- [0211] 步骤12.2:将步骤12.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1。
- [0212] 步骤12.3:将步骤12.2得出的数据转化为double类型的数据格式。

- [0213] 步骤12.4:将步骤12.3得出的数据通过输出通道5进行输出。
- [0214] 步骤13:
- [0215] 步骤13.1:将步骤3.2和步骤7得出的数据进行与运算。
- [0216] 步骤13.2:将步骤13.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1。
- [0217] 步骤13.3:将步骤13.2得出的数据转化为double类型的数据格式。
- [0218] 步骤13.4:将步骤13.3得出的数据通过输出通道6进行输出。
- [0219] 步骤14:
- [0220] 步骤14.1:将步骤3.2和步骤8得出的数据进行与运算。
- [0221] 步骤14.2:将步骤14.1得出的数据与0进行比较,如果大于等于0,则输出1,否则输出-1。
- [0222] 步骤14.3:将步骤14.2得出的数据转化为double类型的数据格式。
- [0223] 步骤14.4:将步骤14.3得出的数据通过输出通道7进行输出。
- [0224] 步骤5:将MATLAB/Simulink控制算法下载到Dspace硬件当中,在线运行与监测。

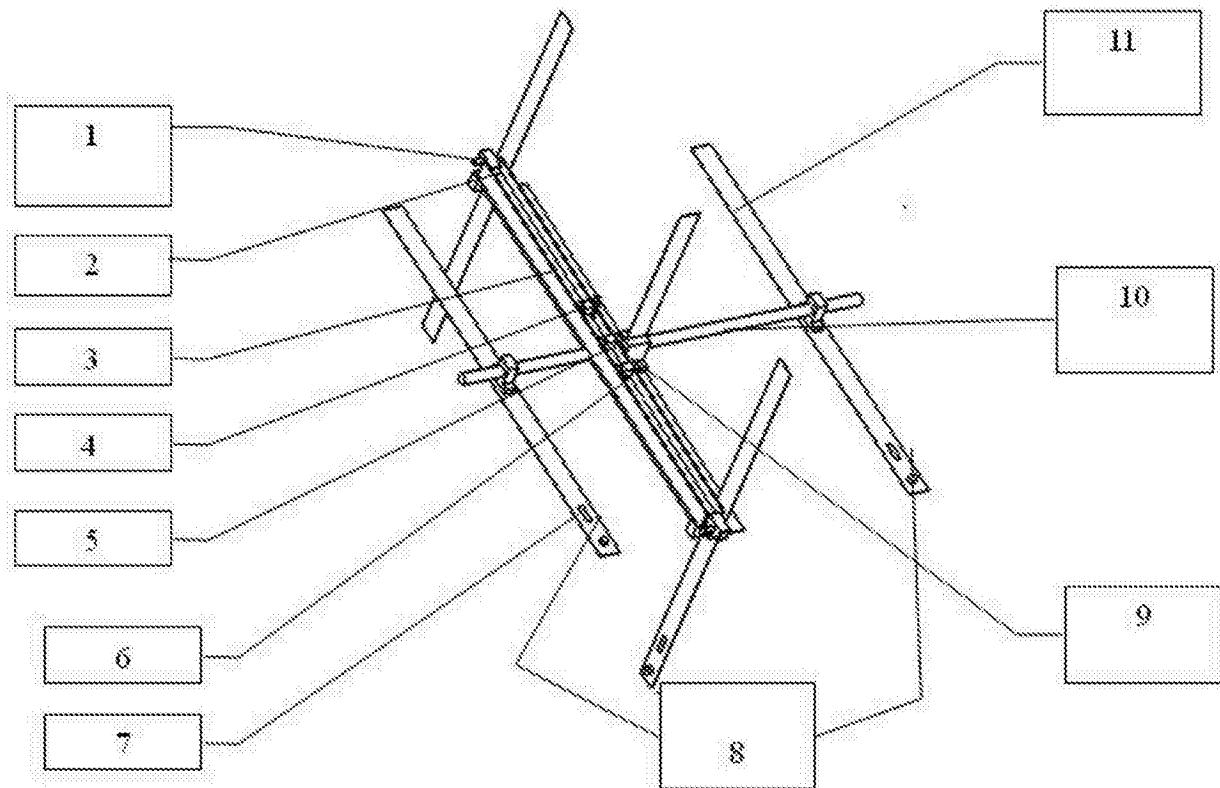


图1

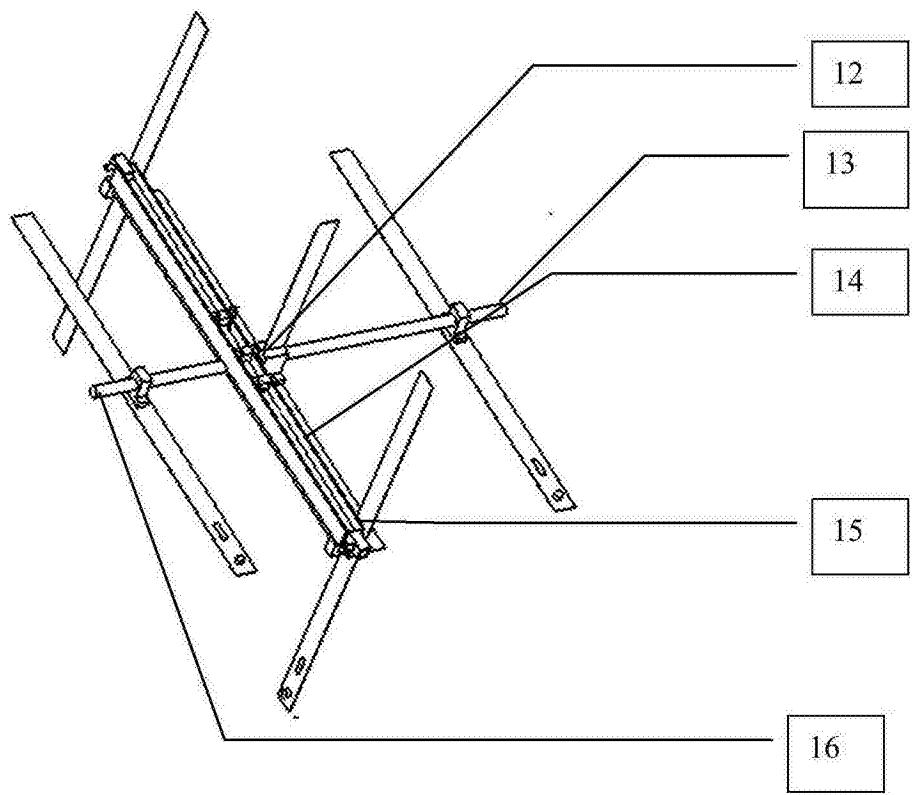


图2

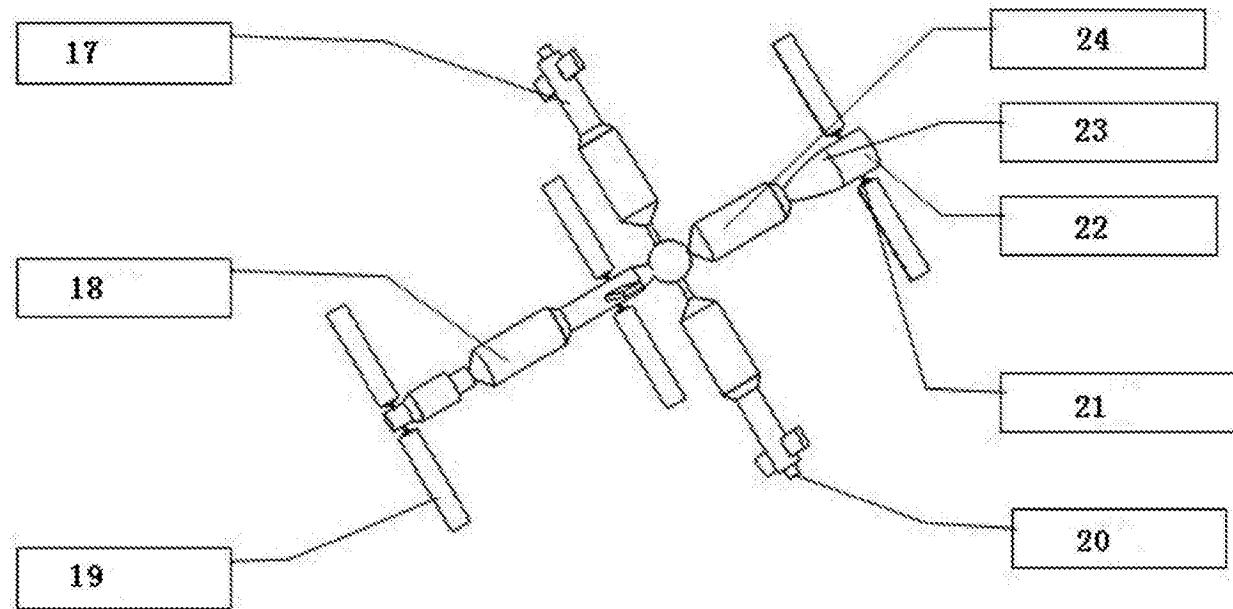


图3

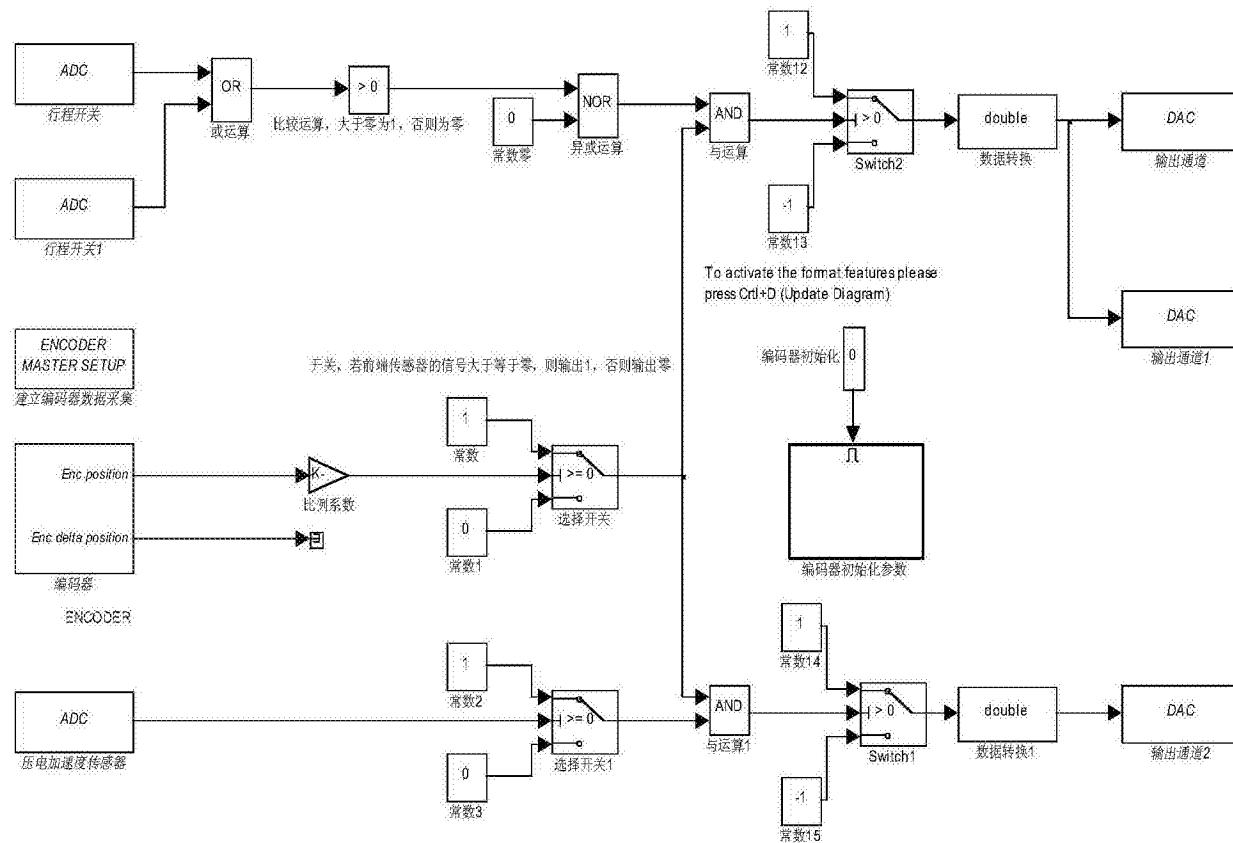


图4

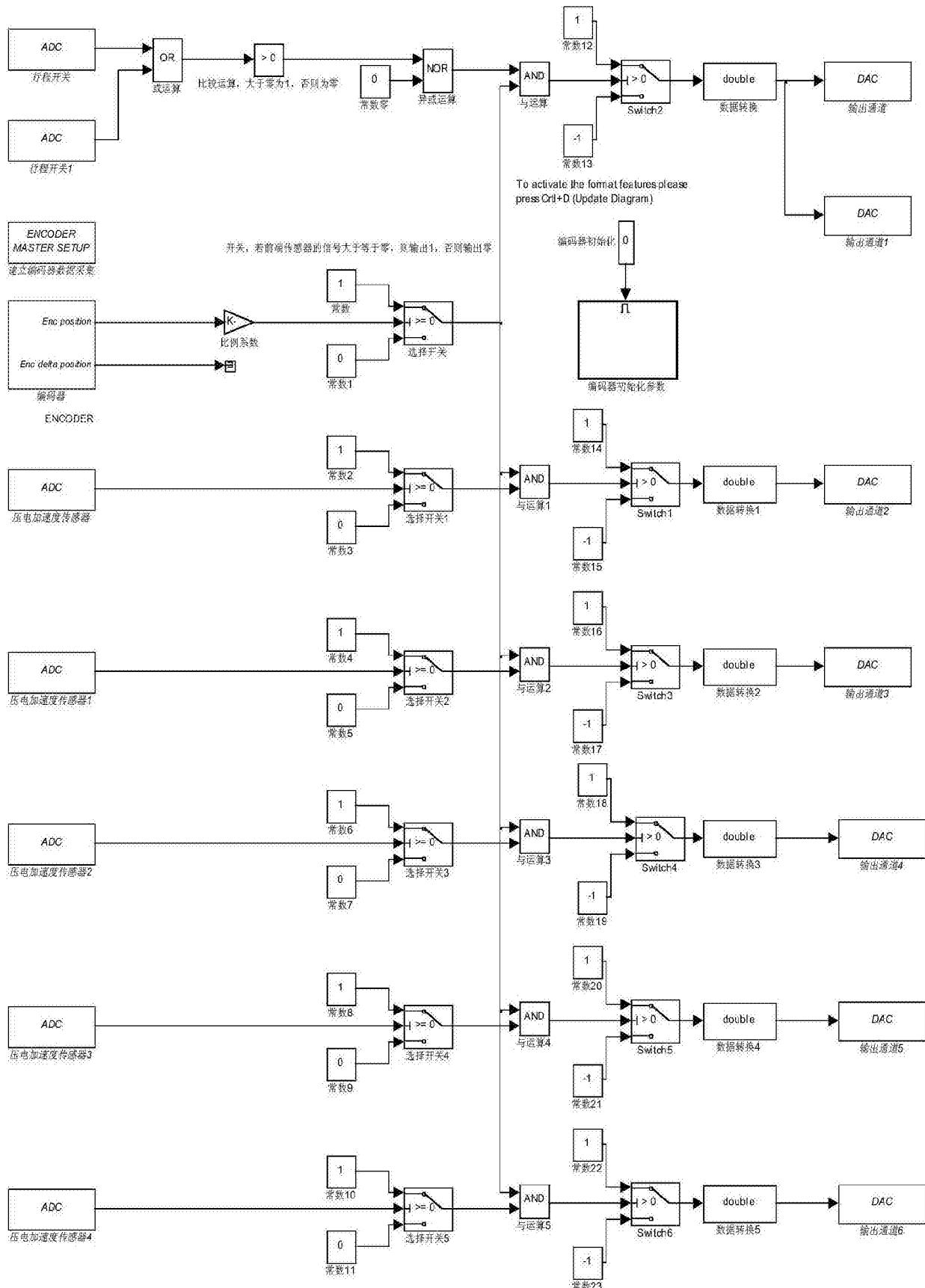


图5