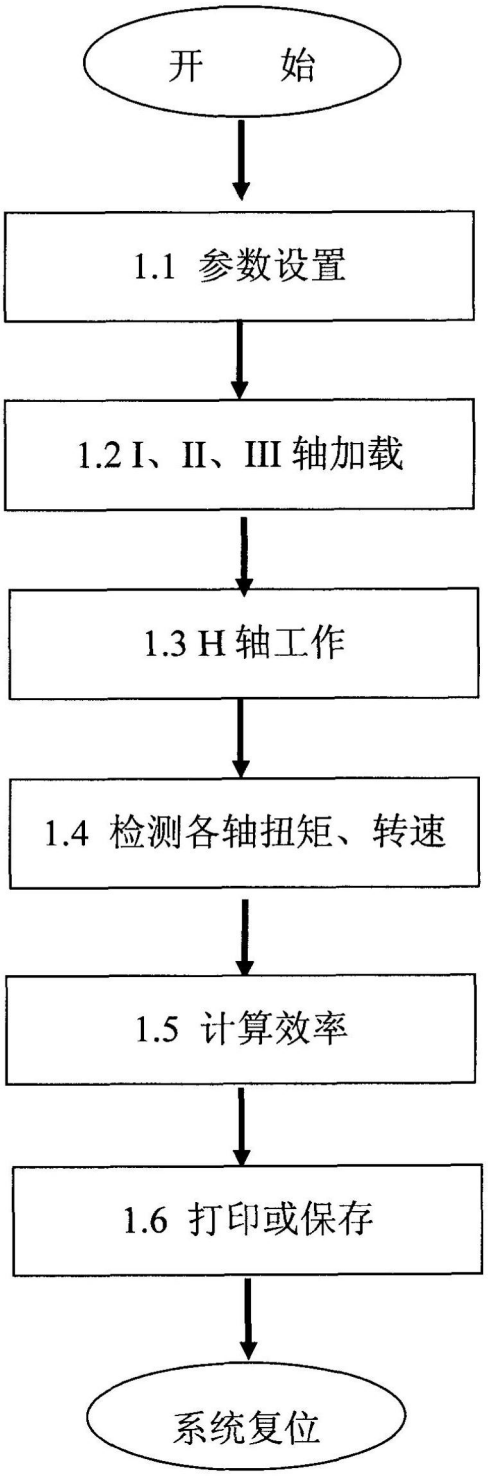
摘　要

[0001]　本发明公开了一种飞行器对接机构差动组合设备的测试系统，包括测试台、控制箱和工控机；测试台包括高低温箱、电机及其驱动机构、四轴传动机构、传感器等；各个电机的传动轴上通过刚性联轴器依次安装有电磁离合器、扭矩传感器和角度传感器；控制箱同时控制四轴电机、离合器的工作以及给传感器供电等；工控机通过运动控制卡将人机界面的运动控制参数传递到控制箱，再由控制箱将控制参数传送到电机驱动器内，从而实现电机的运动控制；同时工控机通过数据采集卡采集各传感器的数据信号并通过相应的运算在人机界面上显示各传感器的数值。本发明解决了差动组合设备各项性能的综合测试问题，取得了精度高、使用方便、精简测试场地等有益效果。


开 始
1.1 参数设置
1.2 I、II、III 轴加载
1.3 H 轴工作
1.4 检测各轴扭矩、转速
1.5 计算效率
1.6 打印或保存
系统复位

1.一种飞行器对接机构差动组合设备的测试系统，包括：测试台、控制箱和工控机；其特征在于，所述的测试台包括：高低温箱，其内放置被测对接机构的差动组合设备；电机及其驱动机构I、电机及其驱动机构II、电机及其驱动机构III和电机及其驱动机构H组成四轴电机系统，各个电机系统的传动轴上通过刚性联轴器依次安装有电磁离合器、扭矩传感器、角度传感器，电机及其驱动机构I、电机及其驱动机构II、电机及其驱动机构III和电机及其驱动机构H分别连接至被测差动组合设备的I、II、III和H轴；上述电机及其驱动机构H及其扭矩传感器、角度传感器和电机及其驱动机构I及其扭矩传感器、角度传感器安装在一块平板上，上述电机及其驱动机构II及其扭矩传感器、角度传感器、电机及其驱动机构III及其扭矩传感器、角度传感器安装在另一块平板上，上述高低温箱安装在中间平板上；

所述的控制箱作为上述四轴电机系统的控制系统，分别同所述的电机及其驱动机构I及其电磁离合器、电机及其驱动机构II及其电磁离合器、电机及其驱动机构III及其电磁离合器和电机及其驱动机构H及其电磁离合器相连接，用运动控制卡控制所述四轴电机系统的动作；

所述的工控机作为测试系统的数据处理系统，分别同四轴电机的扭矩传感器和角度传感器相连接，包括：

人机交互模块，用于测试参数的设置；

采集卡，用于各轴扭矩、转速、转角数据的采集；

数据处理模块，用于对采集数据的计算、分析和评定，并对处理结果进行输出、打印或保存。

2.根据权利要求1所述的差动组合设备的测试系统，其特征在于：所述四轴电机系统正向或反向传动时，H轴输入，I、II、III三轴可分别或同时输出；所述工控机检测H轴输入时I、II、III三轴的输出转速以及扭矩参数。

3.根据权利要求1所述的差动组合设备的测试系统，其特征在于：所述扭矩传感器选用0.2级精度，满量程输出信号10k±5KHz，测量数据率100次/s，测量误差0.2%；所述角度传感器选用每转3000脉冲，具有正反转标志，角分辨率优于10′，速度精度：100r/min时，误差小于0.1%，数据率100次/s；所述电磁离合器可以在装载电磁离合器的轴处于输出轴时将电机从输出轴上脱开，或需要给该轴加载时充当制动器，所述差动组合设备的三个轴I、II、III具有齿轮箱过渡装置与机械锁定装置。

4.根据权利要求1所述的差动组合设备的测试系统，其特征在于：所述的工控机采用美国国家仪器公司的LabView图形化编程软件；所述的采集卡选用美国国家仪器公司的M系列的6220。

5.一种根据权利要求1所述的差动组合设备的测试系统的测试方法，其特征在于，该方法包括如下步骤：

步骤1，差动组合设备的机械效率测试，即测试H轴正反两个方向输入，I、II、III三轴同时输出时，输出功率与输入功率之间的比值；

步骤2，差动组合设备的恢复性测试，主要是用来测试差动组合设备内的弹簧系统，即将输出轴全部锁住，输入轴转过一定角度后，将输入轴电机脱开，检测输入轴转过角度和回转角度的差值；

步骤3，差动组合设备的同步性测试，即将I、II、III轴中任意两轴锁定，第三轴到H轴的

空程测试。

6.一种根据权利要求5所述的测试方法，其特征在于，所述的步骤1具体包括如下步骤：

1.1参数设置；I、II、III轴各加载一预定的负载，并设置H轴进行输入时的转速、转动方向；

1.2I、II、III轴加载，H轴端向看顺时针运动时加载8NM；H轴端向看逆时针运动时加载48NM；

1.3H轴工作，即电机及其驱动机构H按照参数所设定的数据转动；

1.4检测各轴扭矩和转速，工控机显示和记录传感器的数据；

1.5计算效率，按照公式$\eta=\frac{\overline{M_{\mathrm{I}}}\bullet\overline{\omega_{\mathrm{I}}}+\overline{M_{\mathrm{II}}}\bullet\overline{\omega_{\mathrm{II}}}+\overline{M_{\mathrm{III}}}\bullet\overline{\omega_{\mathrm{III}}}}{\overline{M_H}\bullet\overline{\omega_H}}$计算差动组合设备的传动效率，其中$\overline{M_{\mathrm{I}}}$、$\overline{M_{\mathrm{II}}}$、$\overline{M_{\mathrm{III}}}$、$\overline{M_H}$分别为I、II、III、H轴上的扭矩，$\overline{\omega_{\mathrm{I}}}$、$\overline{\omega_{\mathrm{II}}}$、$\overline{\omega_{\mathrm{III}}}$、$\overline{\omega_H}$分别为I、II、III、H轴上的转速；

1.6打印或保存。

7.一种根据权利要求5所述测试方法，其特征在于，所述的步骤2具体包括如下步骤：

2.1参数设置，在I、II、III轴中任意选择两轴锁定设置，设定第三轴的转动角度及设置H轴为自由状态；

2.2将H轴置于自由状态，H轴电磁离合器使电机及其驱动机构H从该轴脱开；使需锁定的两轴上装载的电磁离合器起制动器作用，阻止相应轴转动；

2.3第三轴工作，即第三轴电机驱动第三轴工作；

2.4使第三轴转角到位，即第三轴转动角度达到步骤2.1设定的第三轴的转动角度；

2.5第三轴电机脱开，电磁离合器分离使第三轴切换到自由状态；

2.6角度传感器记录第三轴在切换到自由状态下的恢复转角；

2.7打印或保存，系统复位。

8.一种根据权利要求5所述的测试方法，其特征在于，所述的步骤3具体包括如下步骤：

3.1参数设置，主要是设定电磁离合器中的制动力大小，以及选择锁定的两轴；

3.2H轴处于自由状态，并将选中的需锁定的两轴电磁离合器合上起制动器作用，从而使该两轴锁定；

3.3第三轴转过一定的角度使其轴上的扭矩达到预设定的扭矩并稳定一段时间后返回到初始位置；

3.4第三轴反向转到一定角度使其轴上的扭矩达到预设定的扭矩并稳定一段时间；

3.5第三轴电磁离合器分开使该轴处于自由状态；

3.6记录正反两个方向转动过程中达到预设定扭矩的转角，并依据一定方法加以比较；

3.7打印或保存，系统复位。

9.根据权利要求5至8中任一项权利要求所述的测试方法，其特征在于，所述的测试步骤可在差动组合设备处于±70℃的温度环境下进行。

飞行器对接机构差动组合设备测试系统及其方法

技术领域

[0001] 本发明涉及飞行器设备的测试，尤其是一种飞行器对接机构差动组合设备的测试系统，本发明还涉及该系统的测试方法。

背景技术

[0002] 差动组合设备是飞行器对接机构重要的传动缓冲部件，其功能是：实现驱动组合与滚珠丝杠之间的运动学耦合；吸收撞击的动能；在对接环拉紧状态辅助固定对接环的位置。通俗的讲，差动组合设备的任务就是：一方面能够传递来自动力源的动力，并均分给三个丝杠组，另一方面，能够缓冲三组丝杠的动能，并且允许三组丝杠有不同的转速，以适应环的姿态变化。差动组合设备的测试系统主要由：四轴电机控制系统、测试台工装及相关传感器、数据处理系统三部分组成。为了使差动组合设备测试系统的测试操作简单易行，人机交互全部由软件来实现，通过软件可以选择测试项目、设定相关参数、从而自动实现整个测试过程，并保存整个过程的测试参数。大大提高了繁琐的差动组合设备测试的效率。

[0003] 目前没有发现同本发明类似技术的说明或报道，也尚未收集到国内外类似的资料。

发明内容

[0004] 为了实现飞行器对接机构上的核心传动部件——差动组合设备各项性能的综合测试，本发明的目的在于提供一种飞行器对接机构差动组合设备测试系统，主要包括在不同温度湿度环境下对差动组合设备的传动性能和缓冲性能以及两者之间的相互转换关系加以检测，本发明解决了对差动组合设备的传动性能以及缓冲性能等的定量检测等问题，达到了验证差动组合设备设计、工艺、制造、装配等方面的正确性和合理性、考核差动组合设备的传动、缓冲性能及两者间相互转换可靠性等目的。本发明目的的另一方面，还提供了上述飞行器对接机构差动组合设备测试系统的测试方法。

[0005] 为了达到上述发明目的，本发明的第一方面，为解决其技术问题所采用的技术方案是提供一种飞行器对接机构差动组合设备测试系统，该装置包括：

[0006] 测试台、控制箱和工控机。

[0007] 测试台包括：高低温箱，其内放置被测对接机构的差动组合设备；电机及其驱动机构I、II、III和H组成四轴电机系统；各个电机的传动轴上通过刚性联轴器依次安装有电磁离合器、扭矩传感器、角度传感器，分别连接至被测差动组合设备的I轴、II轴、III轴、H轴；上述H轴和I轴电机系统及其传感器等测量设备安装在一块平板上，II、III轴电机系统及其传感器等测量设备安装在另一块平板上，高低温箱安装在中间平板上。

[0008] 控制箱为上述四轴电机系统的控制系统，分别同上述四轴电机I、II、III和H及其驱动机构和离合器相连接，用运动控制卡控制四轴电机系统的动作。

[0009] 工控机为测试系统的数据处理系统，主要和控制箱之间进行传感器信号以及控制信号的通信，包括：人机交互软件，用于参数设置；采集卡，用于各轴扭矩、转速、转角等数据

的采集;数据处理软件,用于对采集数据的计算、分析和评定,并输出处理结果,打印或保存。

[0010] 为了达到上述发明目的,本发明的第二方面,为解决上述技术问题所采用的技术方案是提供一种的飞行器对接机构差动组合设备测试系统的测试方法,在高低温环境中完成差动组合设备的各项性能测试,包括如下步骤:

[0011] 步骤1,差动组合设备的机械效率测试,机械效率测试即差动组合设备中的弹簧以及组差传感器不装纯机械的效率测试,即测试H轴正反两个方向输入,I、II、III三轴同时输出时,输出功率与输入功率之间的比值;

[0012] 步骤2,差动组合设备的恢复性测试,主要是用来测试差动组合设备内的弹簧系统,即将输出轴全部锁住,输入轴转过一定角度后,将输入轴电机脱开,检测输入轴转过角度和回转角度的差值;

[0013] 步骤3,差动组合设备的同步性测试,即将I、II、III轴中任意两轴锁定,第三轴到H轴的空程测试;

[0014] 本发明飞行器对接机构差动组合设备测试系统及其方法达到了如下功能:

[0015] 1、能够准确同时控制四个电机驱动模块使电机以不同的方式不同的转速运转,电机转速控制的精度达到了0.1%。

[0016] 2、传动轴上的扭矩以及转角的测量精度优于1%。

[0017] 3、输入轴设有最大驱动扭矩保护,超出差动组合设备能够承受的扭矩测试系统将自动报错,并自动停止,从而对差动组合设备加以保护。

[0018] 4、测试系统自带高低温试验箱,能够检测差动组合设备在±70℃温度环境下的工作情况。

[0019] 5、人机交互软件实时显示测试过程中,扭矩、转速、角度等曲线,同时将各数据自动保存为Excel文件,人机交互软件设有自动测试项目,自动测试项目将整个测试过程的操作全部在软件中自动实现。

[0020] 综上所述,本发明解决了飞行器对接机构差动组合设备各项性能的综合测试问题,取得了精度高、使用方便、精简测试场地等有益效果。

附图说明

[0021] 图1～图3是流程图,表示差动组合设备测试系统的测试方法,其中:

[0022] 图1为差动组合设备的机械效率测试流程图;

[0023] 图2为差动组合设备的恢复性测试流程图;

[0024] 图3为差动组合设备的同步性测试流程图。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图和实施例对本发明的第一方面飞行器对接机构差动组合设备测试系统作进一步详细的说明。

[0026] 本发明差动组合设备测试系统包括:测试台、控制箱和工控机。

[0027] 测试台包括:高低温箱,其内放置被测对接机构的差动组合设备设备。电机及其驱动机构I、II、III和H组成四轴电机系统,各个电机的传动轴上通过刚性联轴器依次安装有

电磁离合器、扭矩传感器、角度传感器，分别连接至被测差动组合设备的I轴、II轴、III轴和H轴。

[0028] H轴和I轴电机系统及其传感器等测量设备安装在一块平板上，II、III轴电机系统及其传感器等测量设备安装在另一块平板上，高低温箱安装在中间平板上。这样除了便于搬运和贮存外，主要功能是做常温试验时，三块平板接合在一起，拼接为一整体试验台，这样除了美观外，节省工作场地，做高低温试验时，将产品平板进入高低温箱，然后通过传动轴与测试设备联接，这样可降低测试设备的环境要求。上述高低温试验箱能够检测差动组合设备在±70℃温度环境下的工作情况。

[0029] 上述传感器检测角度与差动组合设备本身的转角保持一致，使得电机输出转角与所需转角一致；转矩传感器选0.2级精度，满量程输出信号10k±5KHz。测量数据率100次/s，测量误差0.2％，总误差小于1％，可满足要求；角度传感器选用每转3000脉冲，并有正反转标志，角分辨率优于10′，速度精度：100r/min时，误差小于0.1％，数据率100次/s；电磁离合器可以在该轴处于输出轴时将电机从输出轴上脱开，或需要给该轴加载时将电机连接到该轴使其充当制动器的角色，节省了四台制动器，电机上电抱住的制动力大于输出轴的扭矩，不会将电机损坏。

[0030] 由于差动组合设备三输出轴间距只有40mm，测试设备单轴上安装直径最少要200mm，为了解决间距问题，设计了齿轮箱过渡装置与机械锁定装置。差动组合设备在I、III轴上带双万向节，但轴间距调整范围不大，约1～2mm，II轴带单万向节，但一端的调整角度也比较小，需要增加工艺万向节，保证传动链能正常运转。

[0031] 为了提高测试系统的传动效率，以使测试结果能够高精度地反映被测产品的真实性能，整个系统使用了严格的定位系统，从零件加工到安装配合，保证同轴度、平行度、对称度等形位公差在合理的范围内。如同轴度保证在0.015以内。

[0032] 上述控制箱为四轴电机控制系统，分别同上述四轴电机I、II、III和H及其驱动机构和离合器相连接，用运动控制卡控制四轴电机的动作。

[0033] 上述运动控制卡选用研华公司的PCI1240，可以同时控制四台电机的运转，电机的驱动器选用松下公司的MDDA3531A，电机选用松下公司的MDMA152AG输出功率为1.5KW。运动控制卡连接到四台电机的驱动器上，四台电机驱动器再分别和四台电机相连接。运动控制卡输出的四个信号分别为I、II、III、H轴四种控制信号，运动控制卡控制软件可以植入到LabView软件中，在由LabView编制的软件中可以设定多种控制方式，如连续控制、点到点控制等。输入轴设有最大驱动扭矩保护，超出差动组合设备能够承受的扭矩测试系统将自动报错，并自动停止，从而对差动组合设备加以保护。通过软件设置电机转动方向、转速等参数，严格控制电机运转的参数，四个电机驱动模块使电机以不同的方式不同的转速运转，电机转速控制的精度达到了0.1％，可以完全满足差动组合设备测试系统的要求。

[0034] 上述工控机为测试系统的数据处理系统，分别同四轴电机的扭矩传感器和角度传感器相连接，包括：人机交互软件，用于参数设置；采集卡，用于各轴扭矩、转速、转角等数据的采集；数据处理软件，用于对采集数据的计算、分析和评定，并输出处理结果，打印或保存。

[0035] 测试系统人机交互软件采用美国国家仪器公司推出的LabView图形化编程软件。LabVIEW最大的特点就是图形化编程。其程序被叫作“可视化仪器”(VIs)VIs由三部分组成，

即前面板、块状图表和图标/连接口。前面板用于人机交互，也即控制参数的设定和输出结果的显示。程序员可应用各种与真实仪器前面板相当类似的控制端和显示端，如旋钮、开关、按键和图形等来“画”出自己想要的面板，而无需任何编程。每个前面板有一个对应的块状图表，它定义了在入口和出口之间的数据流向，也就是LabVIEW程序的执行顺序。编程的主要工作也正在于此，但是由于LabVIEW采用图形化编程，使用图标表示功能模块，图标间的连线表示在各功能模块间的数据传递。所以编写程序时，只需从功能模块中选用不同的函数图标，然后再以线条相互连接即可。整个编程采用流程图式的语言来“画”出源代码。使整个程序如同流程图一般简单、直观，避免了传统程序语言线性结构和严格语法的困扰，使得软件编写的效率以及稳定性较高。采集卡也是选用美国国家仪器公司的M系列的6220，该系列的采集为16位高端采集卡，除了具有非常的采集精度外还具有数字滤波的功能，可以使采集信号免受工业环境中的各种干扰，提高了测试系统的抗干扰能力。上述人机交互软件实时显示测试过程中，扭矩、转速、角度等曲线，同时将各数据自动保存为Excel文件，人机交互软件设有自动测试项目，自动测试项目将整个测试过程的操作全部在软件中自动实现。

[0036] 下面进一步对本发明测试系统的工作过程进行描述。

[0037] 正向传动时，H轴输入，I、II、III三轴可分别或同时输出；逆向传动时，I轴、II轴、III轴输入不同的转速，H轴输出。测试系统应能够检测H轴输入时I、II、III三轴的输出转速以及扭矩等参数从而对差动组合设备的相关性能加以评定，同时应能够检测I、II、III轴输入H轴输出的相关参数。

[0038] 下面结合图1～图3和实施例，对本发明的第二方面，飞行器对接机构差动组合设备测试系统的测试方法作进一步详细的说明。

[0039] 本发明可在差动组合设备处于±70℃的温度环境下，对差动组合设备进行各项性能的综合测试，包括如下的步骤：

[0040] 步骤1，差动组合设备的机械效率测试，机械效率测试即差动组合设备中的弹簧以及组差传感器不装纯机械的效率测试，即测试H轴正反两个方向输入，I、II、III三轴同时输出时，输出功率与输入功率之间的比值；

[0041] 步骤2，差动组合设备的恢复性测试，主要是用来测试差动组合设备内的弹簧系统，即将输出轴全部锁住，输入轴转过一定角度后，将输入轴电机脱开，检测输入轴转过角度和回转角度的差值；

[0042] 步骤3，差动组合设备的同步性测试，即将I、II、III轴中任意两轴锁定，第三轴到H轴的空程测试；

[0043] 上述测试流程也即是软件编写的流程，实际操作时只要选择好测试项目，并设定完相关测试参数整个测试流程全部自动完成。

[0044] 图1为步骤1，差动组合设备的机械效率测试流程图；包括：

[0045] 1.1参数设置；I、II、III轴各加载一预定的负载，设置了H轴进行输入时的转速、转动方向；

[0046] 1.2I、II、III轴加载，H轴端向看顺时针运动时加载8NM；H轴端向看逆时针运动时加载48NM；

[0047] 1.3H轴工作，即H轴的电机按照参数所设定的数据转动；

[0048] 1.4检测各轴扭矩和转速，工控机显示和记录传感器的数据；

[0049] 1.5计算效率，按照公式$\eta=\frac{\overline{M_{\mathrm{I}}}\bullet\overline{\omega_{\mathrm{I}}}+\overline{M_{\mathrm{II}}}\bullet\overline{\omega_{\mathrm{II}}}+\overline{M_{\mathrm{III}}}\bullet\overline{\omega_{\mathrm{III}}}}{\overline{M_H}\bullet\overline{\omega_H}}$计算差动组合的传动效率，其中$\overline{M_{\mathrm{I}}}$、$\overline{M_{\mathrm{II}}}$、$\overline{M_{\mathrm{III}}}$、$\overline{M_H}$分别为I、II、III、H轴上的转矩，$\overline{\omega_{\mathrm{I}}}$、$\overline{\omega_{\mathrm{II}}}$、$\overline{\omega_{\mathrm{III}}}$、$\overline{\omega_H}$分别为I、II、III、H轴上的转速；

[0050] 1.6打印或保存。

[0051] 图2为步骤2，差动组合设备的恢复性测试流程图；包括：

[0052] 2.1参数设置，在I、II、III轴中任意选择两轴锁定设置，设置H轴为自由状态，设定第三轴的转动角度；

[0053] 2.2将H轴置于自由状态，即将H轴电磁离合器使电机从该轴脱开；使需锁定的两轴的锁定轴的电磁离合器起制动器作用，阻止相应轴转动；

[0054] 2.3第三轴工作，即第三轴电机驱动第三轴工作；

[0055] 2.4使第三轴转角到位，即第三轴转动角度达到步骤2.1设定的第三轴的转动角度；

[0056] 2.5第三轴切换到自由状态，第三轴电机脱开，离合器分离使第三轴处于自由状态；

[0057] 2.6检测第三轴恢复转角，角度传感器记录第三轴在切换到自由状态下的恢复转角；

[0058] 2.7打印或保存，系统复位。

[0059] 图3为步骤3，差动组合设备的同步性测试流程图；包括：

[0060] 3.1参数设置，主要是设定离合器中的制动力大小，以及选择锁定的两轴；

[0061] 3.2H轴处于自由状态，并将选中的需锁定的两轴离合器合上起制动器作用，从而使该两轴锁定；

[0062] 3.3第三轴转到预设定扭矩，第三轴转过一定的角度使其轴上的扭矩达到预设定的扭矩并稳定一段时间后返回到初始位置；

[0063] 3.4第三轴反向转到预设定扭矩，第三轴反向转到一定角度使其轴上的扭矩达到预设定的扭矩并稳定一段时间；

[0064] 3.5第三轴切换到自由状态，第三轴离合器分开使该轴处于自由状态；

[0065] 3.6记录两转向到预设定扭矩的转角，记录正反两个方向转动过程中达到预设定扭矩的转角，并依据一定方法加以比较；

[0066] 3.7打印或保存，系统复位。

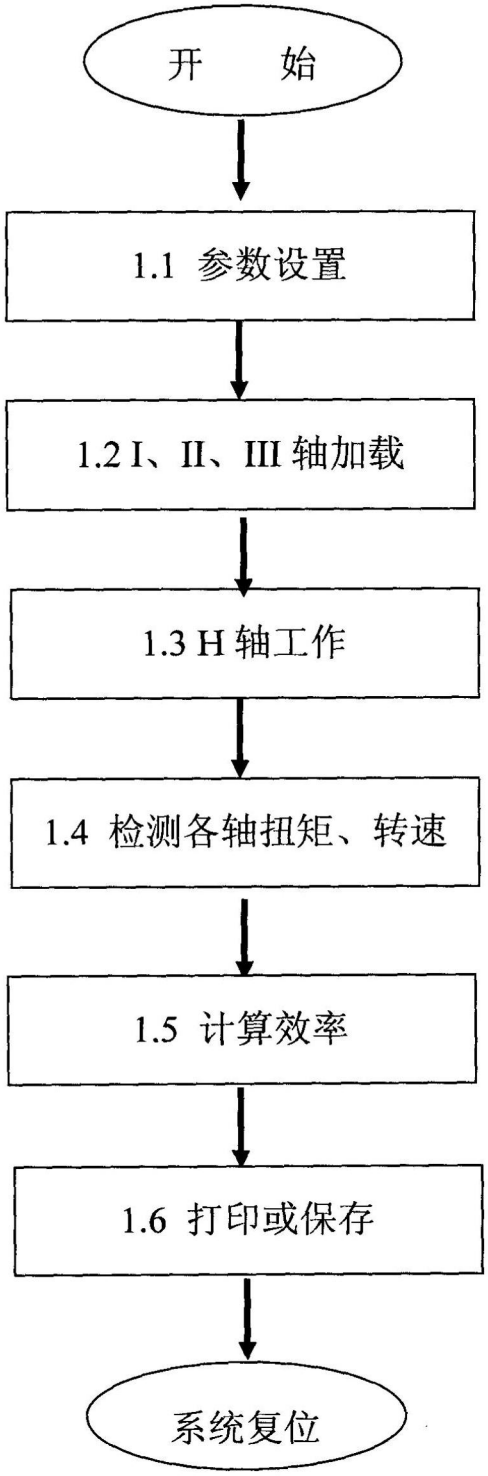

开 始
1.1 参数设置
1.2 I、II、III 轴加载
1.3 H 轴工作
1.4 检测各轴扭矩、转速
1.5 计算效率
1.6 打印或保存
系统复位

图1

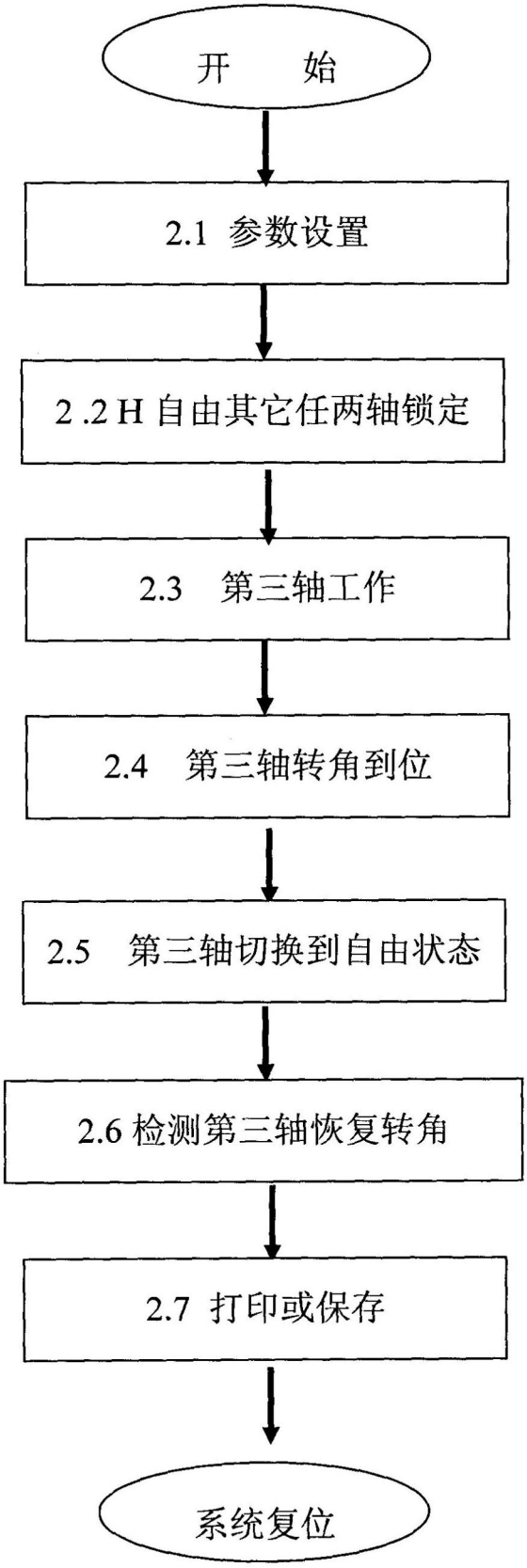

开 始
2.1 参数设置
2 .2 H 自由其它任两轴锁定
2.3 第三轴工作
2.4 第三轴转角到位
2.5 第三轴切换到自由状态
2.6 检测第三轴恢复转角
2.7 打印或保存
系统复位

图2

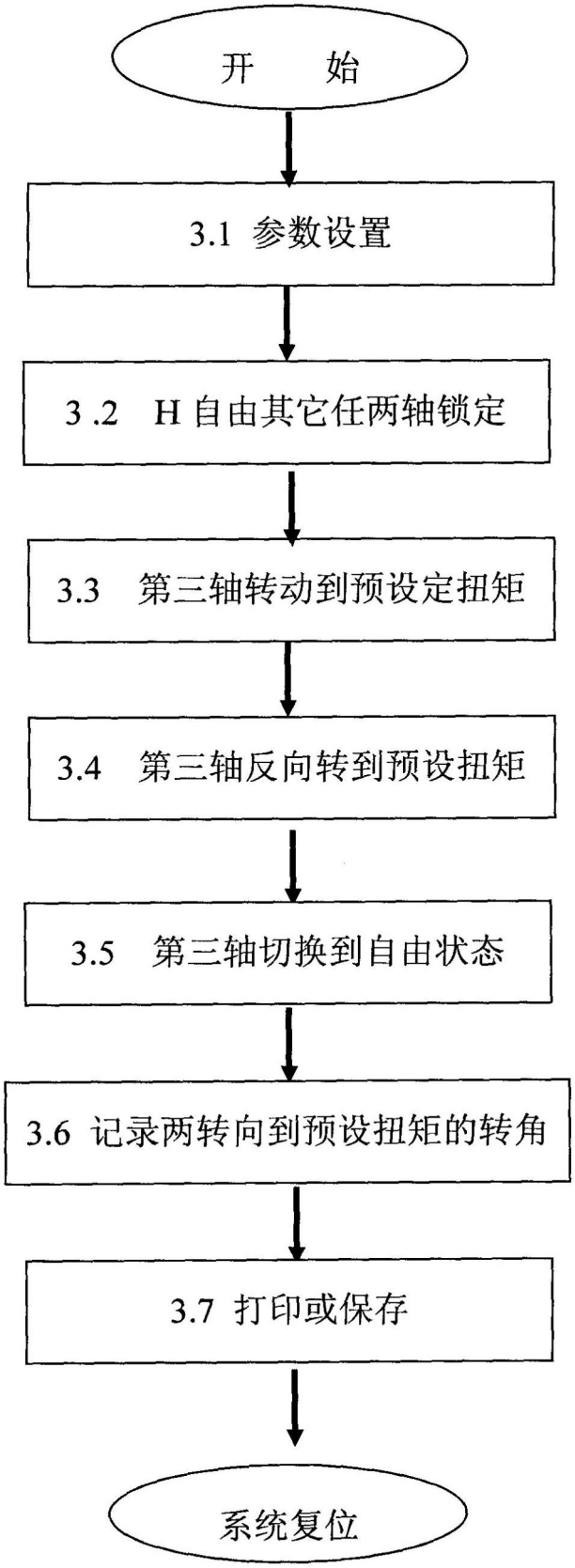

开 始
3.1 参数设置
3 .2 H 自由其它任两轴锁定
3.3 第三轴转动到预设定扭矩
3.4 第三轴反向转到预设扭矩
3.5 第三轴切换到自由状态
3.6 记录两转向到预设扭矩的转角
3.7 打印或保存
系统复位

图3