

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101804867 B

(45) 授权公告日 2013. 03. 27

(21) 申请号 201010128501. X

CN 1850452 A, 2006. 10. 25,

(22) 申请日 2010. 03. 17

US 5722646 A, 1998. 03. 03,

US 5163793 A, 1992. 11. 17,

(73) 专利权人 清华大学

地址 100084 北京市 100084-82 信箱

审查员 张凯

(72) 发明人 周凯 詹立新 门延武 陆俊百

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事

务所(普通合伙) 11201

代理人 廖元秋

(51) Int. Cl.

B23Q 3/10(2006. 01)

B64F 5/00(2006. 01)

G05B 19/18(2006. 01)

G05B 19/414(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101269466 A, 2008. 09. 24,

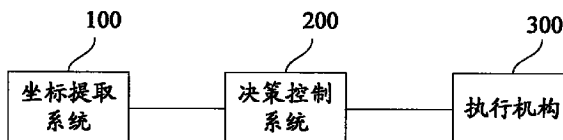
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 10 页

(54) 发明名称

飞行器柔性工装智能控制系统

(57) 摘要

本发明提出一种飞行器柔性工装智能控制系统,包括坐标提取系统、决策控制系统和执行机构,所述坐标提取系统,用于对待加工的工件的进行曲面数字建模,并提取所述工件的支撑点坐标信息,以及生成工件坐标信息文件并发送给决策控制系统;所述决策控制系统,用于根据所述工件坐标信息文件对执行机构的动作进行规划和决策,并生成对应的控制指令发送给所述执行机构。本发明提供了一种实现飞行器大型曲面薄壁零件加工中装夹、定位的柔性工装智能控制系统,其以高性能工业控制计算机为核心进行运算和控制,由智能控制主板实现对双机器人的协同运动控制,通过对柔性工装上各支撑单元的移动操纵,实现各支撑单元在柔性工装机床上的合理均布。



1. 一种飞行器柔性工装智能控制系统,其特征在于,包括坐标提取系统、决策控制系统和执行机构,

所述坐标提取系统,用于对待加工的工件的进行曲面数字建模,并提取所述工件的支撑点坐标信息,以及生成工件坐标信息文件并发送给决策控制系统;

所述决策控制系统,用于根据所述工件坐标信息文件对执行机构的动作进行规划和决策,并生成对应的控制指令发送给所述执行机构;

所述执行机构包括:

两个机床导轨;

分别沿所述机床导轨移动的两个机器人;

多个位于机床平面且与所述机床导轨方向垂直的可沿所述机床导轨方向平移的动梁;

多个位于所述动梁之上且可沿所述动梁轨道滑行的支撑单元;

控制所述机器人运动的机器人运动控制器和控制所述支撑单元运动的支撑单元运动控制器,其中,所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器由所述决策控制系统发出的控制指令进行控制。

2. 如权利要求 1 所述的飞行器柔性工装智能控制系统,其特征在于,所述坐标提取系统包括工控机,所述工控机与所述决策控制系统通过串口相连。

3. 如权利要求 1 所述的飞行器柔性工装智能控制系统,其特征在于,所述决策控制系统和所述执行机构中的所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器通过无线网络进行通信。

4. 如权利要求 3 所述的飞行器柔性工装智能控制系统,其特征在于,所述决策控制系统包括:

串口通信系统,用于与所述坐标提取系统进行通信,接收所述工件坐标信息文件;

第一控制子系统,用于根据所述工件坐标信息文件对执行机构的动作进行规划和决策,并生成对应的控制指令;

无线通信系统,用于与所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器进行无线通信,将生成的控制指令发送给所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器。

5. 如权利要求 1 所述的飞行器柔性工装智能控制系统,其特征在于,所述决策控制系统对所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器的控制包括单电机运行控制模式、单动作运行模式、单坐标点运行模式和程序运行模式。

6. 如权利要求 5 所述的飞行器柔性工装智能控制系统,其特征在于,所述机器人运动控制器包括单电机运行系统和单动作控制系统。

7. 如权利要求 5 所述的飞行器柔性工装智能控制系统,其特征在于,所述支撑单元运动控制器对所述支撑单元上的两个步进电机进行运动控制,第一步进电机完成支撑单元的升降运动,第二步进电机完成液压部件的驱动实现对支撑单元的液压锁紧。

8. 如权利要求 3 所述的飞行器柔性工装智能控制系统,其特征在于,所述决策控制系统和所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器通过无线网络进行通信采用三次重发机制,以收发序号以识别是否为同一帧信息。

9. 如权利要求 8 所述的飞行器柔性工装智能控制系统,其特征在于,三次重发机制包

括：

所述决策控制系统向所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器发送控制指令,当所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器收到控制指令时,给所述决策控制系统反馈一条接收确认帧,如果所述决策控制系统收到该接收确认帧,则停止向所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器发送控制指令,否则继续发送同一帧控制指令;

如果所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器接收到与上一帧数据相同的数据帧,则对收发序号进行判断,如果收发序号与上一帧相同,则丢弃该帧数据,同时向所述决策控制系统反馈接收确认帧;

如果所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器收到所述决策控制系统的控制指令有错误,则向所述决策控制系统反馈接收出错数据帧,以提示所述决策控制系统重新发送控制指令。

10. 如权利要求 1 所述的飞行器柔性工装智能控制系统,其特征在于,

所述决策控制系统接收所述机器人返回的当前运动速度和位移信息;

所述决策控制系统对反馈的当前运动速度、位移信息求和,再均衡,将均衡量分别与所述两个机器人速度、位移信息作差,采用各自的差值对所述两个机器人分别进行 PID 速度调节。

飞行器柔性工装智能控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及机械制造领域,特别涉及飞行器制造技术领域,更特别地涉及一种飞行器柔性工装智能控制系统,用于加工飞行器的曲面薄壁零件。

背景技术

[0002] 为了解决飞行器大型薄壁件的加工问题,美国、西班牙等国的技术人员进行了多年的研究工作,开发了各种柔性装配工具技术。1990年,美国的 Rohr Industries, Inc 公司开发了柔性机器人工作单元,用于机身部件的装配;1994年~2001年,美国 CAN 制造系统公司研发了基于 POGO 单元的柔性工装系统 POGO flexible tooling system,已经被波音等多家飞机制造企业应用到生产中。2004年西班牙 M. Torres 公司开发了自己的飞机柔性装配工具,并大量应用于实际生产中。M. Torres 集团公司是为航空工业设计和制造专用机床及自动化装配系统的公司。在公司为世界飞机制造业交付的众多产品中,有一套知名的、且经过验证为非常成功的系统,即用于蒙皮壁板高速切边和钻铣加工的解决方案,又称 TORRESMIL 和 TORRESTOOL 系统。TORRESTOOL 系统的结构特征为:(1) X 轴排架可在两个独立的导轨上滚动;(2) 在每个 Y 轴鞍座上,都有 Z 轴的移动式升降装置;(3) 在每个 Z 轴移动式升降装置上都有真空支持系统,以固定工件。

[0003] 以上所述的 TORRESTOOL 系统,作为一种典型的多轴柔性装夹系统,其优点主要体现在,能够快速适应不同的待加工曲面,并且可以根据加工位置和受力集中程度来调整支撑密度,保证加工精度。但是这种多轴柔性装夹系统,存在一些明显的缺陷,主要表现在:(1) 每个排架和鞍座都有一套独自の电机驱动装置,独立轴数目过多,这给数控系统造成很大的负担;(2) 由于各自电机驱动装置的存在,排架和鞍座的体积都很大,造成两个支撑点之间的最短距离也比较大,不利于加工中工件受力集中部分的支撑。

发明内容

[0004] 为了解决以上问题,本发明提出了一种机器人化飞行器柔性工装智能控制系统,其通过双机器人的协同工作完成各支撑单元的 X 向和 Y 向定位,只有 Z 向定位由支撑单元自身驱动控制装置完成。这样以来,一方面大大精简了柔性工装的整体机械结构,而且可以使其数控系统的负担大大减轻,同时也避免了由于支撑单元机构过于庞大而造成的支撑点间距较大的问题,从而达到提高工件支撑精度以及减小加工中工件受力变形的良好效果。

[0005] 为达到上述目的,本发明一方面提出一种飞行器柔性工装智能控制系统,包括坐标提取系统、决策控制系统和执行机构,所述坐标提取系统,用于对待加工的工件的进行曲面数字建模,并提取所述工件的支撑点坐标信息,以及生成工件坐标信息文件并发送给决策控制系统;所述决策控制系统,用于根据所述工件坐标信息文件对执行机构的动作进行规划和决策,并生成对应的控制指令发送给所述执行机构;所述执行机构包括:两个机床导轨;分别沿所述机床导轨移动的两个机器人;多个位于机床平面且与所述机床导轨方向垂直的可沿所述机床导轨方向平移的动梁;多个位于所述动梁之上且可沿所述动梁轨道滑

行的支撑单元；控制所述机器人运动的机器人运动控制器和控制所述支撑单元运动的支撑单元运动控制器，其中，所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器由所述决策控制系统发出的控制指令进行控制。

[0006] 在本发明的一个实施例中，所述坐标提取系统包括工控机，所述工控机与所述决策控制系统通过串口相连。

[0007] 在本发明的一个实施例中，所述决策控制系统和所述执行机构中的所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器通过无线网络进行通信。

[0008] 在本发明的一个实施例中，所述决策控制系统包括：串口通信系统，用于与所述坐标提取系统进行通信，接收所述工件坐标信息文件；第一控制子系统，用于根据所述工件坐标信息文件对执行机构的动作进行规划和决策，并生成对应的控制指令；无线通信系统，用于与所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器进行无线通信，将生成的控制指令发送给所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器。

[0009] 在本发明的一个实施例中，所述决策控制系统对所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器的控制包括单电机运行控制模式、单动作运行模式、单坐标点运行模式和程序运行模式。

[0010] 在本发明的一个实施例中，所述机器人运动控制器对所述机器人上十个电机进行运动控制，通过不同的电机运动序列完成机器人各种动作。

[0011] 在本发明的一个实施例中，所述支撑单元运动控制器对所述支撑单元上的两个步进电机进行运动控制，第一步进电机完成支撑单元的升降运动，第二步进电机完成液压部件的驱动实现对支撑单元的液压锁紧。

[0012] 在本发明的一个实施例中，所述决策控制系统和所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器通过无线网络进行通信采用三次重发机制，以收发序号以识别是否为同一帧信息，从而提高数据传输的准确性和可靠性。具体地，三次重发机制包括：所述决策控制系统向所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器发送控制指令，当所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器收到指令时，给所述决策控制系统反馈一条接收确认帧，如果所述决策控制系统收到该确认帧，则停止向所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器发送控制指令，否则继续发送同一帧控制指令；如果所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器接收到与上一帧数据相同的数据帧，则对收发序号进行判断，如果收发序号与上一帧相同，则丢弃该帧数据，同时向所述决策控制系统反馈接收确认帧；如果所述机器人运动控制器和所述支撑单元运动控制器收到所述决策控制系统的控制指令有错误，则向所述决策控制系统反馈接收出错数据帧，以提示所述决策控制系统重新发送控制指令。

[0013] 在本发明的一个实施例中，所述决策控制系统接收所述机器人返回的当前运动速度和位移信息；所述决策控制系统对反馈的当前运动速度、位移信息求和，再均衡，将均衡量与各机器人速度、位移信息作差，采用这个差值对双机器人进行PID速度调节。通过这种改进的交叉耦合策略，由于以双机器人运动信息的均值作为参考信号，所以每次对各机器人运动调节量较小，这样可以很好地解决由于每次调节量偏大引起的机器人运动速度振荡问题。

[0014] 本发明提供了一种实现飞行器大型曲面薄壁零件加工中装夹、定位的柔性工装智

能控制系统,其以高性能工业控制计算机为核心进行运算和控制,由智能控制主板实现对双机器人的协同运动控制,通过对柔性工装上各支撑单元的移动操纵,实现各支撑单元在柔性工装机床上的合理均布。

[0015] 本发明附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0016] 本发明上述的和 / 或附加的方面和优点从下面结合附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0017] 图 1 为本发明实施例的飞行器柔性工装智能控制系统的原理图;

[0018] 图 2a 和 2b 为本发明实施例执行机构的示意图;

[0019] 图 3 为本发明实施例的飞行器柔性工装智能控制系统的系统组成框图;

[0020] 图 4 为本发明实施例的飞行器柔性工装控制系统软件框图;

[0021] 图 5 为本发明实施例决策控制器的软件流程图;

[0022] 图 6 为本发明实施例的双机器人协同控制软件流程图;

[0023] 图 7 为本发明实施例的双机器人同步控制算法控制框图;

[0024] 图 8 为本发明实施例的机器人运动控制系统硬件系统结构图;

[0025] 图 9 为本发明实施例的飞行器柔性工装控制界面;

[0026] 图 10 为本发明实施例的控制界面串口配置子窗口图;

[0027] 图 11 为本发明实施例的控制界面中单电机运行模式子窗口图;

[0028] 图 12 为本发明实施例的控制界面中单动作运行模式子窗口图;

[0029] 图 13 为本发明实施例的控制界面中单坐标点运行模式子窗口图。

具体实施方式

[0030] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能解释为对本发明的限制。

[0031] 如图 1 所示,为本发明实施例的飞行器柔性工装智能控制系统的原理图。该系统包括坐标提取系统 100、决策控制系统 200 和执行机构 300。

[0032] 其中,坐标提取系统 100 用于对待加工的工件的进行曲面数字建模,再通过优化算法合理提取待加工的工件的若干个支撑点(或定位点)坐标信息,其中支撑点的数量可由工装上安装的工件支撑单元数量决定,在本发明的一个实施例中支撑点数量是可调整的,坐标提取系统 100 还用于生成工件坐标信息文件并发送给决策控制系统 200。在本发明的一个实施例中,坐标提取系统 100 主要由工控机构成,其通过 RS232 串口与决策控制系统 200 相连接,当然本领域技术人员也可以选择其他类型的通信接口。另外,在本发明的实施例中,用户可通过操作界面随时获取执行层(包括执行机构和控制执行机构的控制器)的状态信息。在坐标提取系统 100 中可安装有上位机管理软件,主要完成对曲面工件进行数字化建模,求解支撑点坐标信息,进行支撑点分布优化运算,并将最终的支撑点三维坐标信息通过串口发送给决策控制系统的操作。此外,用户还可通过管理软件实时向决策控制系

统发送指令,以使机器人或支撑单元完成各种动作。

[0033] 决策控制系统 200 用于根据工件坐标信息文件对执行机构 300 的动作进行规划和决策,并生成对应的控制指令发送给执行机构 300。在本发明的一个实施例中,决策控制系统 200 和执行机构 300 的控制器之间通过无线网络相连接,通过无线通信模块将控制指令传送给双机器人运动控制器及支撑单元运动控制器,实现对双机器人及支撑单元的实时控制。具体地,该决策控制系统 200 主要由 DSP、串口通信模块、电压转换模块、无线通信模块组成。它首先通过串口与管理层(即工控机)进行 RS232 通信以获得工件加工曲面的支撑点坐标信息或实时控制命令信息,然后根据所获信息的特点,进行双机器人以及各支撑单元的动作规划与决策,最后再将控制指令通过无线通信模块传送给双机器人运动控制器及支撑单元运动控制器,实现对双机器人及支撑单元的实时控制。

[0034] 其中,如图 2a 和 2b 所示,为本发明实施例执行机构的示意图,如图所示,执行机构 300 由基座部件 5、动梁部件 3、滑鞍部件 4、支撑单元 2、万向真空吸头 1、左机器人 7、右机器人 8、控制计算机 9 等组成。(其中,左、右机器人结构相同)执行机构 300 包括两个机床导轨、分别沿机床导轨移动的两个机器人、多个位于机床平面且与所述机床导轨方向垂直的可沿所述机床导轨方向平移的动梁、多个位于动梁之上且可沿动梁轨道滑行的支撑单元、和控制机器人运动的机器人运动控制器和控制支撑单元运动的支撑单元运动控制器,其中,机器人运动控制器和支撑单元运动控制器由决策控制系统 200 发出的控制指令进行控制。其中,机器人运动控制器和支撑单元运动控制器主要由 DSP、单片机、电机接口电路、电机驱动电路、RS485 串口通信电路、传感电路、电压转换电路和无线通信模块组成。机器人运动控制系统(包括机器人运动控制器、对应的控制子单元以及电机及电机驱动模块)接收决策控制系统的控制指令,控制机器人的各个电机的运动,以实现各执行部件的运动;支撑单元运动控制系统在接收到决策控制单元的指令后,首先通过 RS485 串行通信网络将指令传送给各个控制子单元,各子单元根据指令信息控制子单元上各电机的运转,以实现支撑单元的各个运动。

[0035] 更为具体地,如图 3 所示,为本发明实施例的飞行器柔性工装智能控制系统的系统组成框图。如图 4 所示,为本发明实施例的飞行器柔性工装控制系统软件框图。如图所示,在该实施例中,坐标提取系统为工业 PC 1 负责对待加工的工件的进行曲面数字建模,再通过优化算法合理提取待加工的工件的若干个支撑点坐标信息,并将支撑点坐标文件发送给决策控制器 2,决策控制器 2 根据接收的支撑点坐标文件进行机器人及支撑单元的动作决策和规划,并通过无线收发模块 3 向机器人运动控制器 4 和支撑单元运动控制器 5 发送控制指令,使得机器人移动支撑单元在 X 轴和 Y 轴坐标上运动,支撑单元在其驱动控制装置的控制下在 Z 轴坐标上运动。

[0036] 在本发明实施例中,决策控制器 2 上运行有决策控制软件,它首先通过 RS232 通信获取上位机传来的支撑点坐标文件或实时控制指令,然后根据接收内容进行机器人及支撑单元的动作决策和规划。根据接收信息内容的不同,共可分为以下几种控制模式,如图 5 所示,为本发明实施例决策控制器的软件流程图。

[0037] a. 单电机运行控制模式,该模式下决策控制器接收的信息包含设备信息(机器人或是支撑单元)、电机号(哪一个电机)、电机转向信息、电机转动位移信息。根据这些信息,决策控制器将其按照无线通信协议的格式转换为机器人或动梁接收站能够处理的数据

帧格式,然后通过无线网络传送给相应设备(机器人或动梁接收站)。

[0038] b. 单动作运行模式,该模式下决策控制器接收的信息包括动作号、动作内容,动作内容包括动作方向及动作位移信息。其中,动作号为串行通信协议约定好的动作序列编号。决策控制器接收到动作执行指令后,将其拆分为子动作序列,每个子动作均为各设备一个电机的动作,然后将子动作组合起来即为一个完整的功能动作。例如,决策控制器接收的双机器人寻动梁动作指令,则决策控制器首先向两个机器人同时发送 0 号电机运动控制指令使两个机器人同时运动回机床原点(子动作 1),当两个机器人均回机床原点到位后,然后再向两个机器人发送 0 号电机运动控制指令使两个机器人同时运动到相应的动梁两侧(子动作 2)。

[0039] c. 单坐标点运行模式,该模式下决策控制器接收的信息包括支撑点位置信息(机床支撑点分布矩阵中第几行第几列)、支撑点坐标信息(X、Y、Z 三轴坐标)。决策控制器在接受到单坐标点运行控制指令后,将按以下动作序列进行运动控制:①机器人回原点;②机器人寻动梁;③机器人夹住动梁;④机器人拖动动梁移动到相应 X 坐标位置上;⑤机器人锁紧动梁;⑥机器人摆下手臂;⑦机器人手臂寻支撑单元;⑧机器人手臂夹住支撑单元;⑨机器人将支撑单元移动到相应 Y 坐标位置上;⑩支撑单元作升降运动,使支撑点运动到相应 Z 坐标位置上。

[0040] d. 程序运行模式,该模式下,决策控制接收的信息为工装上所有支撑点的坐标信息文件。首先,决策控制器将文件信息进行解码,并进行坐标转换,使工件坐标系中的坐标信息转换为机床坐标系中的坐标信息,同时按机器人脉冲当量将坐标信息转换为脉冲量表示;然后,决策控制器将按照以下的动作序列进行运动控制:以第一个动梁上所有支撑单元的移动为例,首先机器人回机床原点(动作 1,若是其他动梁则没有该动作),然后双机器人寻 1 号动梁(动作 2),接着双机器人叉住 1 号动梁(动作 3),双机器人拖动 1 号动梁移动到相应 X1 坐标位置上(动作 4),双机器人锁紧 1 号动梁(动作 5),双机器人摆下手臂(动作 6),双机器人依次移动相应的支撑单元,所有支撑单元移动完毕后双机器人手臂回原点,最后双机器人将手臂摆回,接着进行下一个动梁上所有支撑单元的操纵。

[0041] 其中,在机器人运动控制器 4 上运行有机器人运动控制软件,主要根据获取的控制指令控制机器人完成各种动作,这些动作包括机器人回零点,机器人寻动梁,机器人对接动梁,机器人拖动动梁行走,机器人锁紧动梁,机器人摆动手臂,机器人拨动动梁上的支撑单元等。根据决策控制器传送信息的不同,机器人运动控制软件也被分为若干模块,如:单电机运行模块,该模块主要根据决策控制器传送的电机控制指令完成对机器人上各电机的运动控制;单动作控制模块,主要根据决策控制器传送的单动作运动控制指令信息,以此控制不同电机的运转来完成某个动作。由于决策控制软件中的单坐标点运动控制模式和程序运行模式所发送的指令也均是动作控制信息,所以机器人只需要有单电机运行模块和单动作控制模块,便能够满足控制的要求。

[0042] 其中,在支撑单元运动控制器 5 上运行有支撑单元运动控制软件,主要根据决策控制器传送的控制指令驱动支撑单元完成升降,液压锁紧,以及液压卸载动作。该部分软件主要是对支撑单元上两个步进电机进行运动控制,一个步进电机(第一步进电机)完成支撑单元的升降运动,另一个步进电机(第二步进电机)完成液压部件的驱动。当决策控制器要对支撑单元进行 Y 向定位控制时,首先通过机器人将支撑单元移动到相应的 Y 轴坐标

位置上,然后向支撑单元发送液压锁紧指令,这时支撑单元上的液压机构将支撑单元锁紧在动梁上,这样就完成了支撑单元 Y 轴的定位。当决策控制器要对支撑单元进行 Z 向定位控制时,只需向支撑单元发送 Z 轴坐标信息,支撑单元运动控制器便会控制步进电机驱动支撑单元上升或下降将支撑点移动到 Z 坐标位置上,由于步进电机自身的自锁作用,便完成了支撑单元的 Z 轴定位。

[0043] 在本发明实施例中,还需要双机器人协同工作,如图 6 所示,为本发明实施例的双机器人协同控制软件流程图。决策控制器首先向双机器人系统发送准备好信号,确定双机器人都处于同步运动等待状态,然后向双机器人发送移动动梁同步运动控制指令(算法如图 7 所示),当双机器人系统移动动梁到位后,再向双机器人系统发送移动支撑单元指令,考虑到双机器人在同时移动中间两个支撑单元时会发生碰撞,所以在机器人移动到中间支撑单元时,决策控制器进行避碰控制,即,如 A 机器人移动中间支撑单元($P_j = 1$)前,首先判断 B 机器人当前是否正在移动中间支撑单元($P_k = 1$),如在移动,则 A 机器人等待,直到 B 机器人移动中间支撑单元完毕;否则可进行移动中间单元操作。如图 7 所示,为本发明实施例的双机器人同步控制算法控制框图。决策控制器首先将同步运动指令同时发送给双机器人系统,双机器人系统将当前的运动速度、位移信息实时反馈给决策控制器,决策控制器再对两个机器人系统反馈的速度信息求和,然后求均值,以这个均值与各机器人速度信息作差,以这个差值对双机器人进行 PI 调节,从而实现较为精确的运动同步。

[0044] 在本发明一个实施例中,本发明所述的飞行器柔性工装智能控制系统采用了一种新的无线网络通信协议机制,可采用三次重发机制,以收发序号以识别是否为同一帧信息,具体方法为:

[0045] 步骤 1:决策控制器首先向机器人系统发送控制指令,当机器人收到指令时将给决策控制器反馈一条接收确认帧,如果决策控制器收到该确认帧,则停止向该机器人发送控制指令,否则继续发送同一帧控制指令;

[0046] 步骤 2:如果机器人接收到与上一帧数据相同的数据帧,则对收发序号进行判断,如果收发序号与上一帧相同,则丢弃该帧数据,同时向决策控制器反馈接收确认帧;

[0047] 步骤 3:如果机器人收到决策控制器的控制指令有错误(误码),则向决策控制器反馈接收出错数据帧,以提示决策控制器重新发送控制指令。

[0048] 在本发明再一个实施例中,本本发明所述的飞行器柔性工装智能控制系统采用了一种新的基于无线网络的工装机器人同步控制方法。决策控制器可通过无线网络发送同步运动指令给双机器人系统,双机器人系统将当前运动速度、位移信息实时反馈给主控制系统,然后决策控制器将对双机器人系统反馈的速度、位移信息求和,再均衡,将均衡量与各机器人速度、位移信息作差,采用这个差值对双机器人进行 PID 速度调节,从而实现精确运动同步。这种方法的优点在于,其是一种改进的交叉耦合策略,由于以双机器人运动信息的均值作为参考信号,所以每次对各机器人运动调节量较小,这样可以很好地解决由于每次调节量偏大引起的机器人运动速度振荡问题。

[0049] 如图 8 所示,为本发明实施例的机器人运动控制系统硬件系统结构图。在该实施例中,决策控制器和机器人运动控制器主要由一块 DSP 芯片及其外围电路组成,其中 DSP 模块采用的是飞思卡尔公司型号为 56F807 的电机控制专用 DSP 芯片。本发明中,决策控制器采用 DSP 的 SCI 模块实现与工控机之间的 RS232 通信,而 DSP 的 GPIOA 和 GPIOB 模块和无

线通信模块相连接。机器人运动控制器采用 DSP 的 PWMA 模块实现对直流电机的驱动控制,采用 PWMB 模块提供对各控制电机的使能信号,采用定时计数器模块 QTM 提供步进电机及伺服电机的驱动脉冲,同时采用一路计数器实现对驱动脉冲的计数,从而实现对电机的半闭环控制。此外,机器人运动控制器采用 DSP 的 GPIOA 模块提供各步进电机及伺服电机的方向信号,采用 GPIOB 模块作为机器人 X 轴运动的精零点信号的检测引脚,采用 GPIOE 模块与无线通信模块连接进行无线通信控制,GPIOD 模块则用来接收直流电机的反馈信号,FAULTA 模块用来接收机器人 Y 轴运动的精零点检测信号,而外部存储器端口 EMI 则用来接收机器人各运动部件的传感检测信号。支撑单元运动控制器主要由单片机及其外围电路组成,单片机采用 AT89S52,其外围电路包括电机驱动电路以及 RS485 通讯电路。

[0050] 为了能够对本发明有清楚的理解,以下对本发明上述飞行器柔性工装智能控制系统的操作进行简单说明。参照附图 9,本发明的控制界面包括一个命令编辑窗口、一个监视窗口,以及若干命令按钮。其中,“串口打开”按钮在界面的左上方,用户可点击此按钮打开工控机的串口,左边指示灯为绿色时表示串口处于已打开状态,为红色表示串口已关闭。“串口打开”按钮的下方是“串口配置”按钮,点击此按钮可进入“串口配置”子窗口(参见附图 10),在该窗口中可对串口参数进行配置。

[0051] 在界面的左中位置是“控制模式配置”模块,点击其中“单电机运行模式”按钮,则进入“单电机运行模式”子窗口(参见附图 11),通过这个窗口,用户可对两个机器人进行单电机运行控制,其中“机器人号”参数值为 1~2,分别对应 1 号机器人和 2 号机器人;“电机号”参数值可选择从 0 到 9 的任一整数;“电机转向”可选择“正转”或者“反转”,驱动脉冲数可选择小于 100000 的任一正整数。用户点击“单动作运行模式”,可进入“单动作运行模式”子窗口(参见附图 12)。在该窗口中,可对各种提供的动作进行选择,点击“动作执行”按钮,就可以将相应指令发送下去。接着是“单坐标点运行模式”按钮,用户点击此按钮可进入“单坐标点运行模式”子窗口(参见附图 13),首先,进行支撑单元选择,其中,“所在排数”参数值的范围是 0~9,“所在列数”参数值的范围是 0~5,通过选择排数和列数,便选中了机床上位于该排该列的支撑单元;然后,对支撑单元坐标值进行输入,通过输入支撑单元的 X、Y、Z 三轴坐标值,便可确定出该支撑单元支撑点三维空间坐标点位置;最后点击“发送”按钮,便可将此单坐标点运行信息发送下去。

[0052] 点击“控制模式配置”模块中程序运行模式,便可进行坐标信息文件的发送,点击命令编辑窗口下方的“选择文件”按钮,可选择要发送的坐标信息文件,文件格式默认为 .txt 文件,然后再点击其下方的“发送”按钮,便可将文件传送给决策控制器。

[0053] “命令编辑窗口”,在该窗口中用户可手动输入控制指令,根据控制模式的不同,命令共有三个格式:

[0054] 1) 单电机运行指令,指令格式:MR[机器人号参数]S[电机号参数]D[转向参数]Q[驱动脉冲数];E。其中,机器人号参数可选择 1 或 2,电机号参数可选择 0~9,转向参数可选择 0(反转)或 1(正转),驱动脉冲数可选择小于 100000 的整数。例如,用户要给 1 号机器人的第 5 号电机发送 1000 个脉冲,转向为正转,则指令应为 MR1S5D1Q1000;E。

[0055] 2) 单动作运行指令,指令格式:AC[动作号参数]D[运行方向参数]Q[驱动脉冲数];E。其中,动作号可选择 0~12,共有 13 种机器人动作和支撑单元动作可供选择;运行方向参数,可选择 0(反向)或 1(正向),表示机器人行走、手臂伸缩或是支撑单元升降的方

向;驱动脉冲数可选择小于 100000 的整数。例如,机器人同步正向(远离零点)行走 1000 个脉冲当量,则指令应为 AC5D1Q1000 ;E。

[0056] 3) 单坐标点运行指令,指令格式 :BP[所在排数][所在列数]X[坐标值],Y[坐标值],Z[坐标值];E。其中,排数和列数表示支撑点所在的位置,取值范围分别是 0~9 和 0~5, X、Y、Z 坐标值可取任一小于 1000000 的正整数(单位是微米)。例如,操纵第 3 排第 4 列的支撑单元到坐标为 (54120,5823,2560) 的位置上,则指令应为 BP34X54120,Y5823,Z2560 ;E。

[0057] “串口监视窗口”用来显示机器人及支撑单元当前的状态以及用户当前发送的指令信息,通过这个窗口,用户可以实时检测机器人及支撑单元的运行状态,同时窗口下的“保存”按钮可将窗口中的内容保存到用户指定的文件中(默认为 .txt 文件)。

[0058] 本发明提供了一种实现飞行器大型曲面薄壁零件加工中装夹、定位的柔性工装智能控制系统,其以高性能工业控制计算机为核心进行运算和控制,由智能控制主板实现对双机器人的协同运动控制,通过对柔性工装上各支撑单元的移动操纵,实现各支撑单元在柔性工装机床上的合理均布。

[0059] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由所附权利要求及其等同限定。

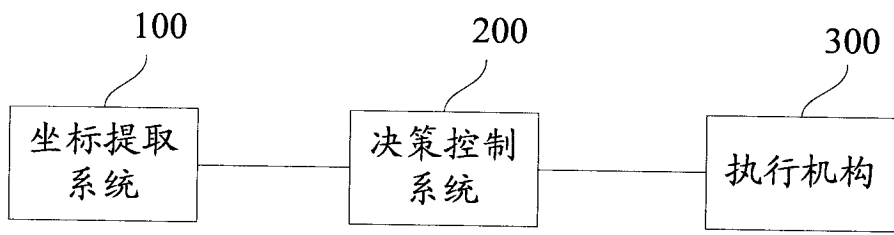


图 1

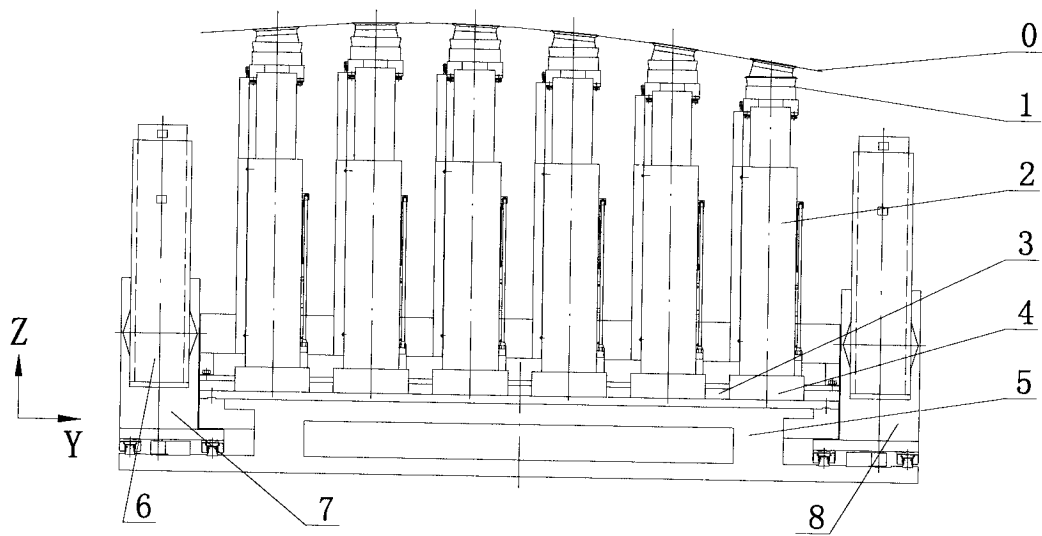


图 2a

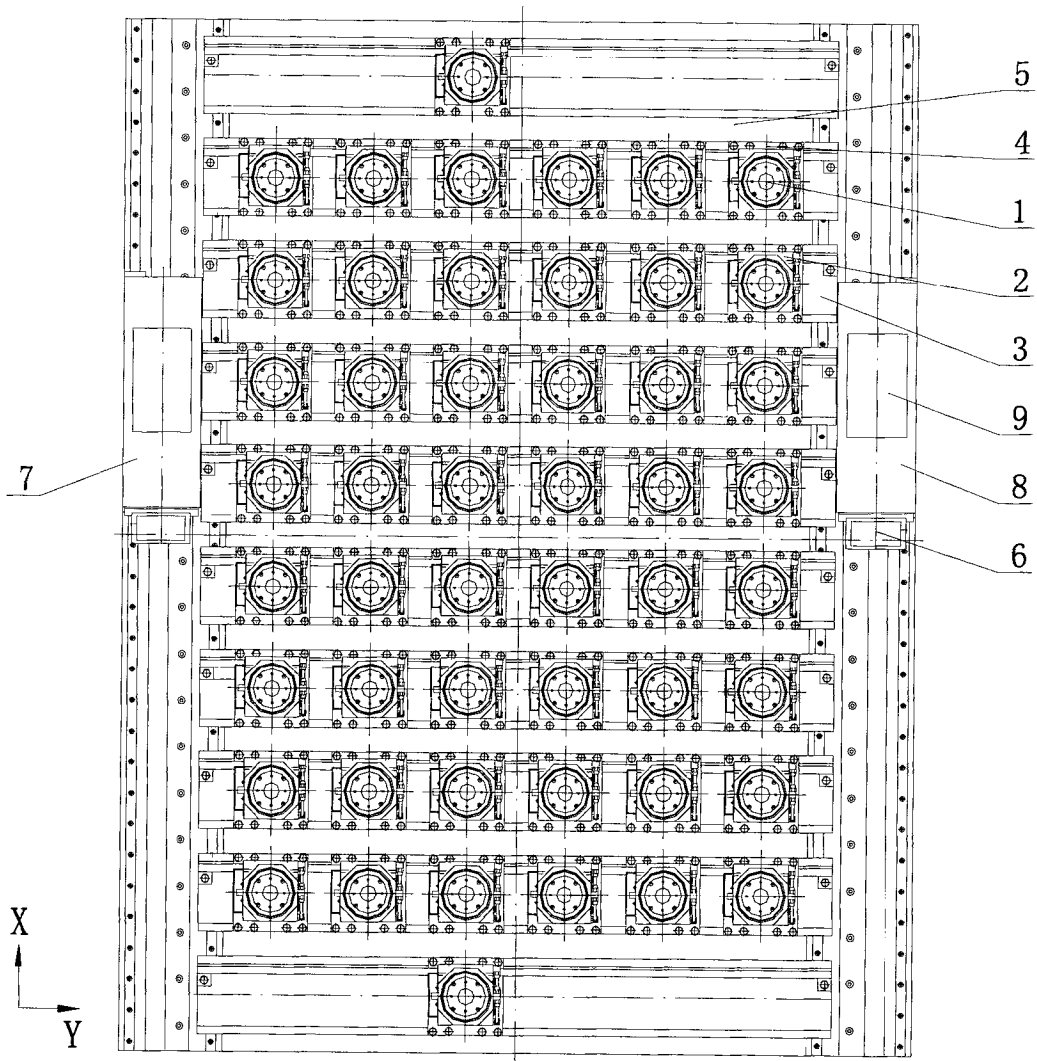


图 2b

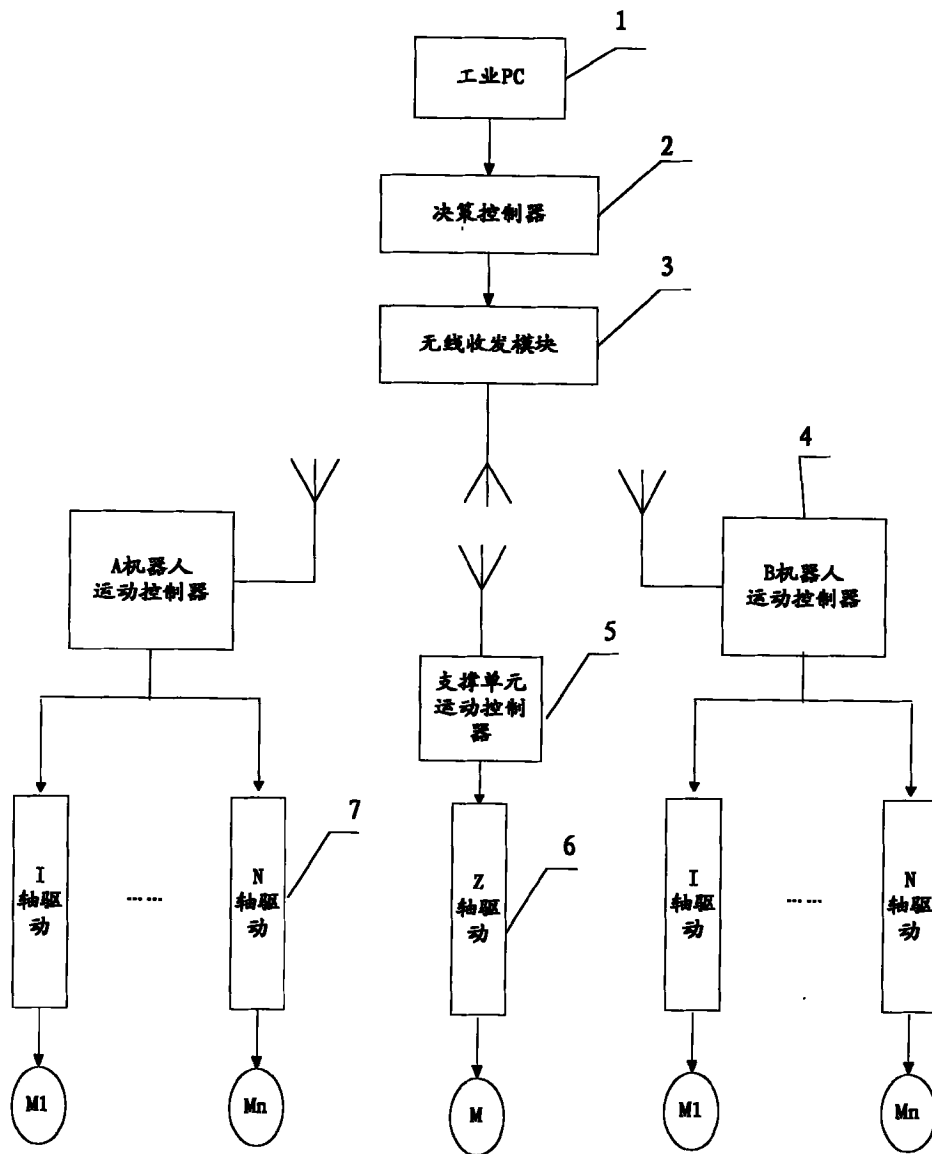


图 3

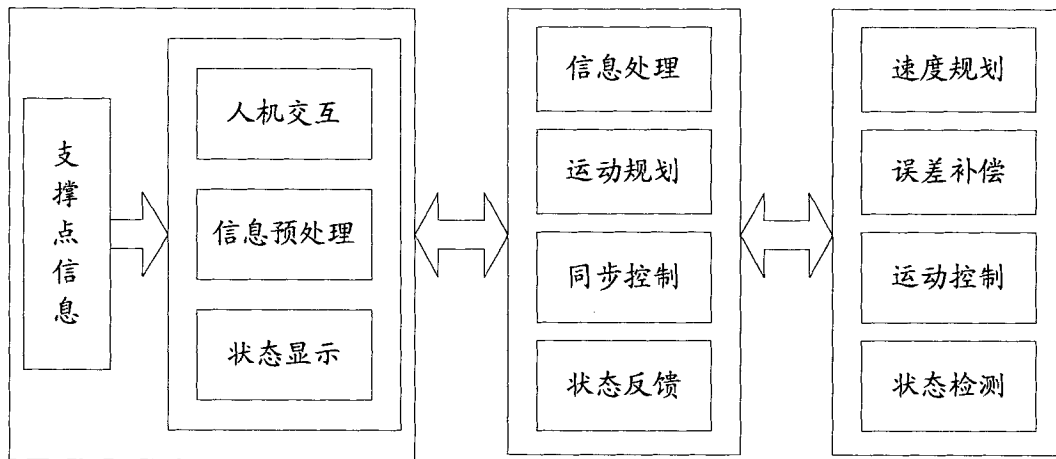


图 4

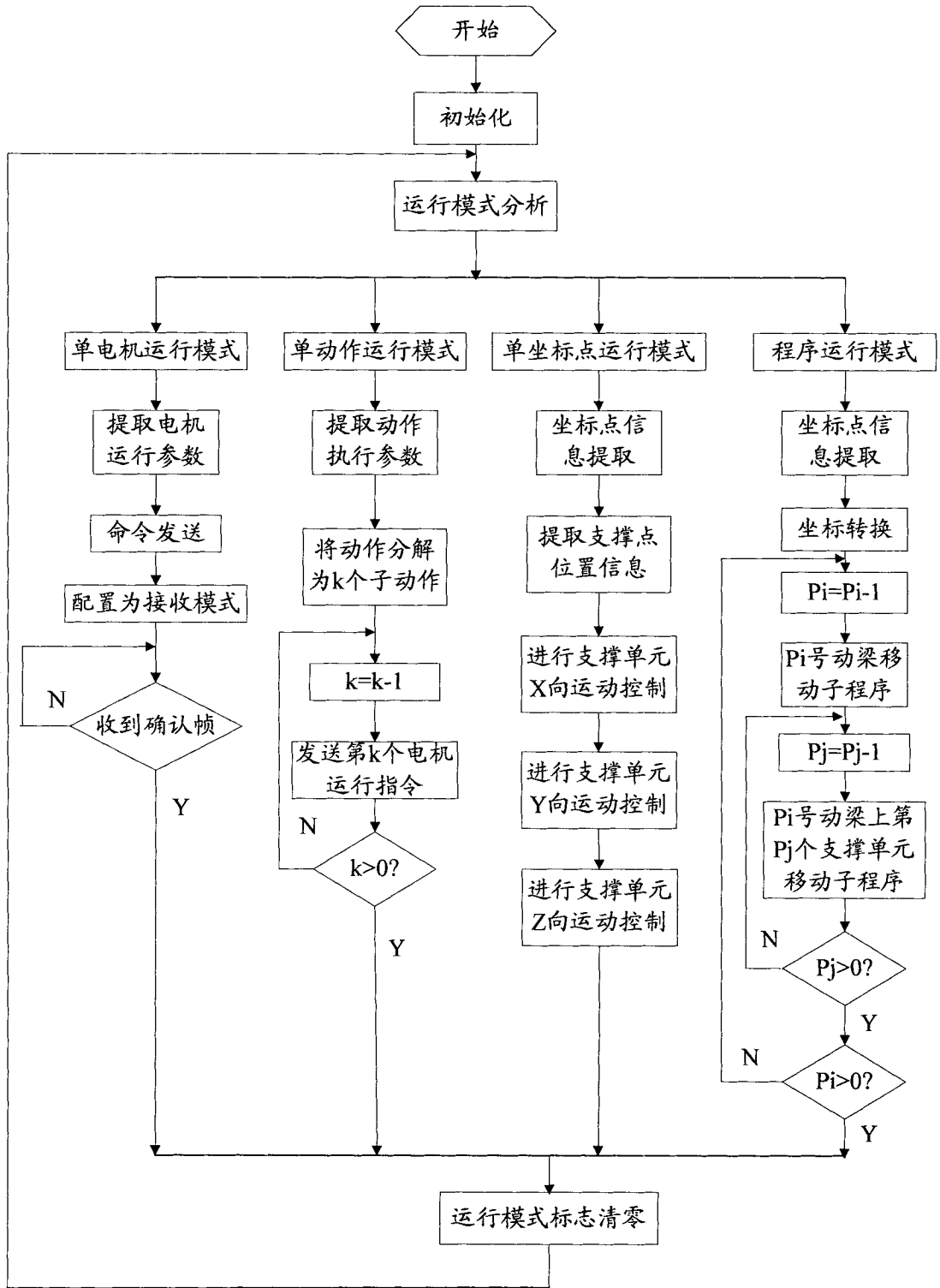


图 5

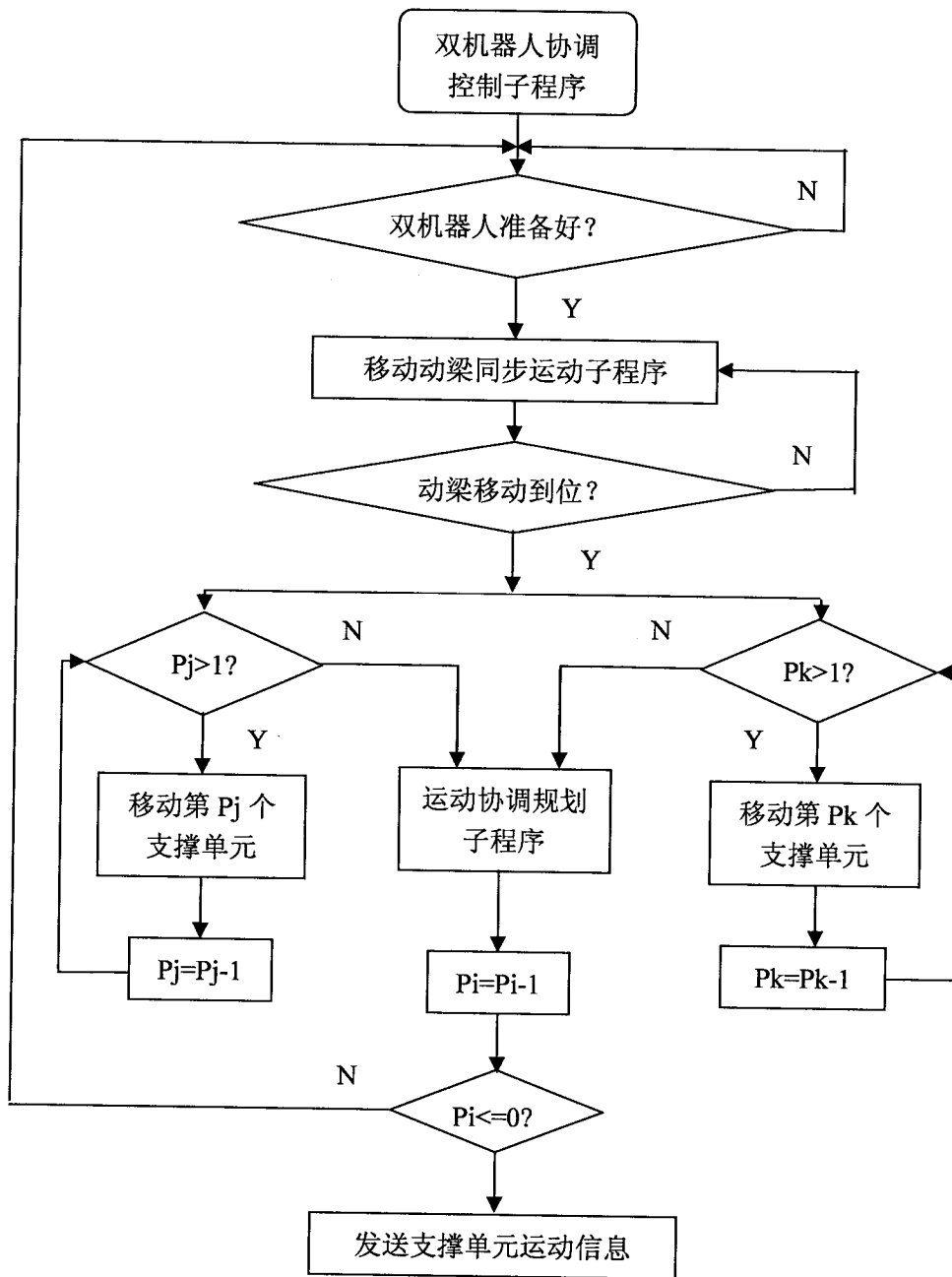


图 6

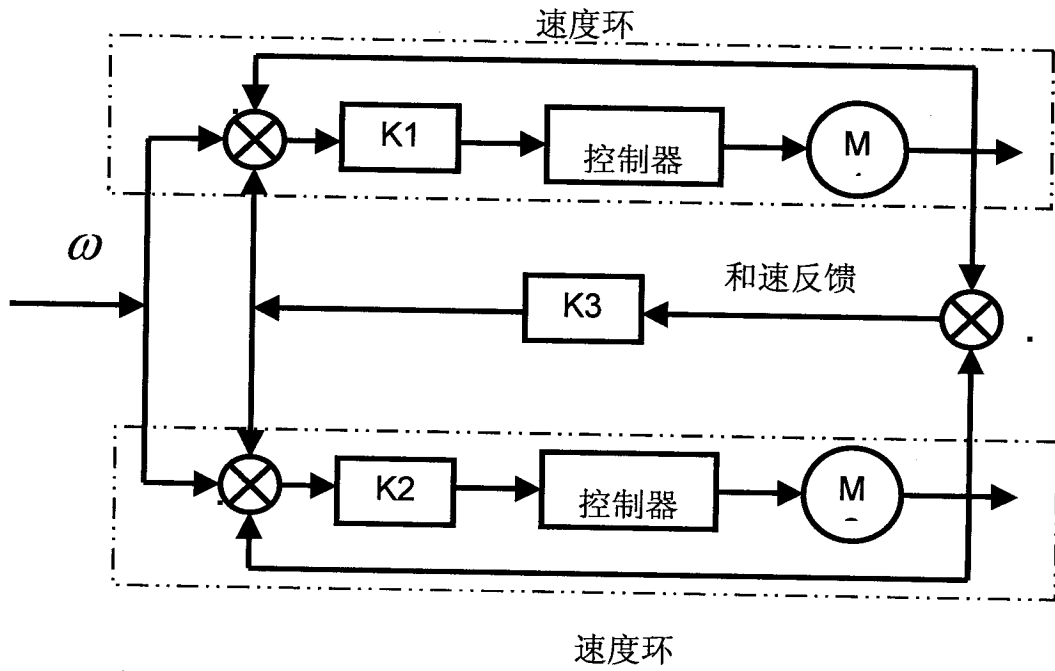


图 7

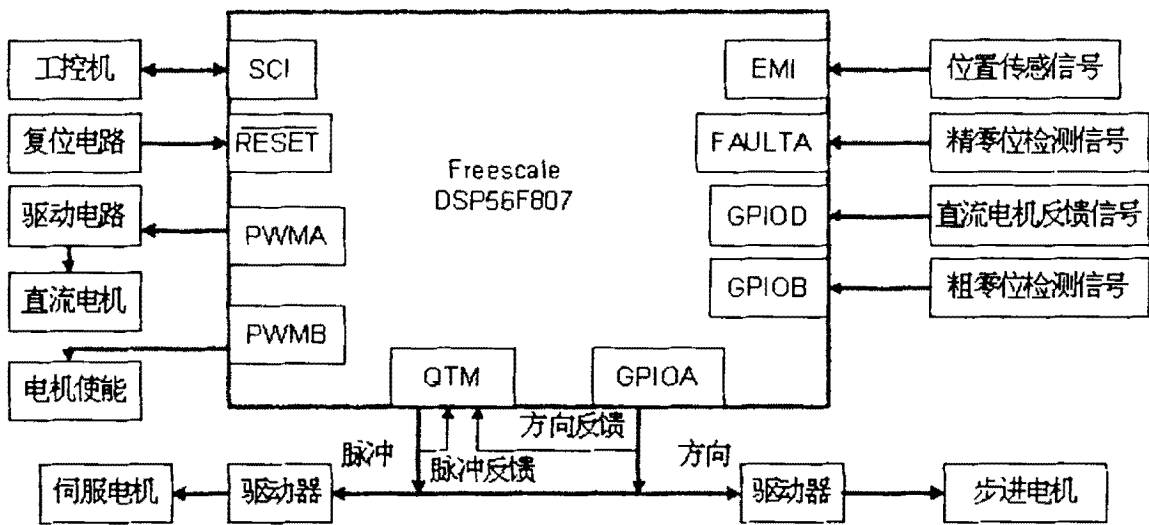


图 8

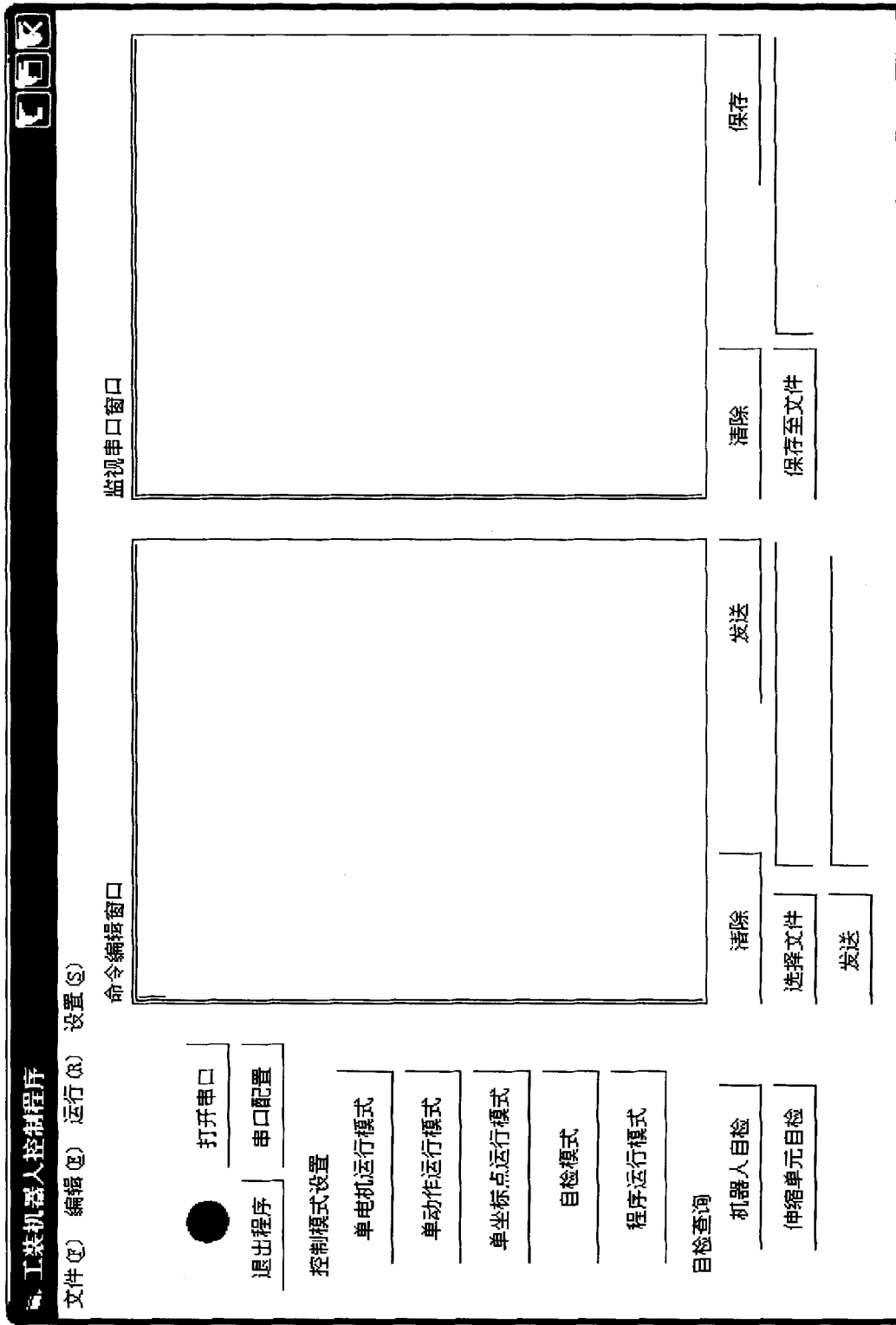


图 9

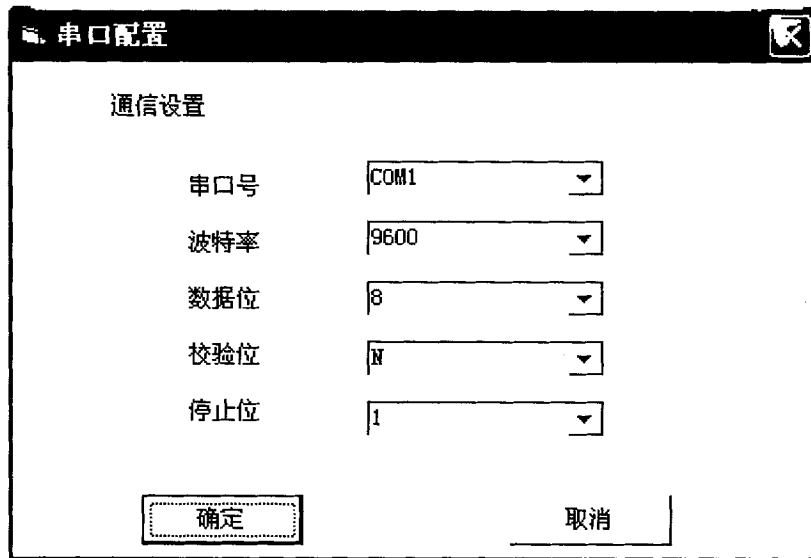


图 10

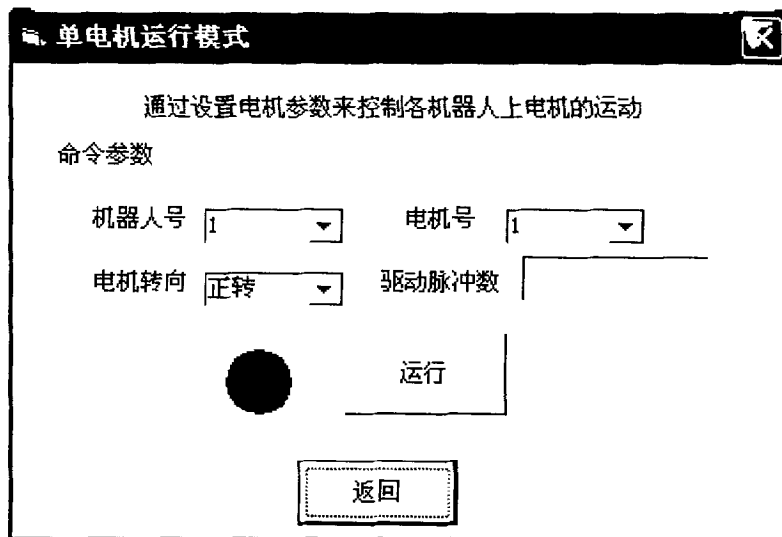


图 11

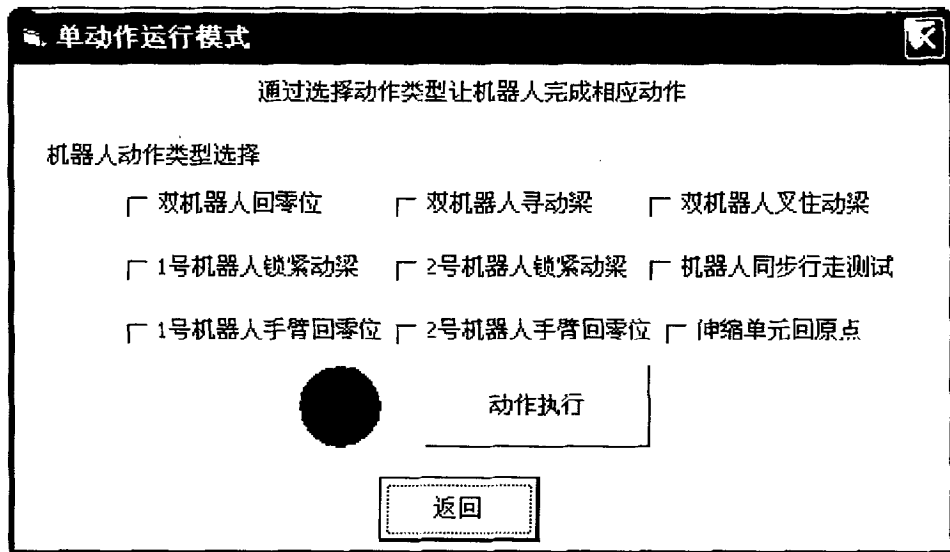


图 12

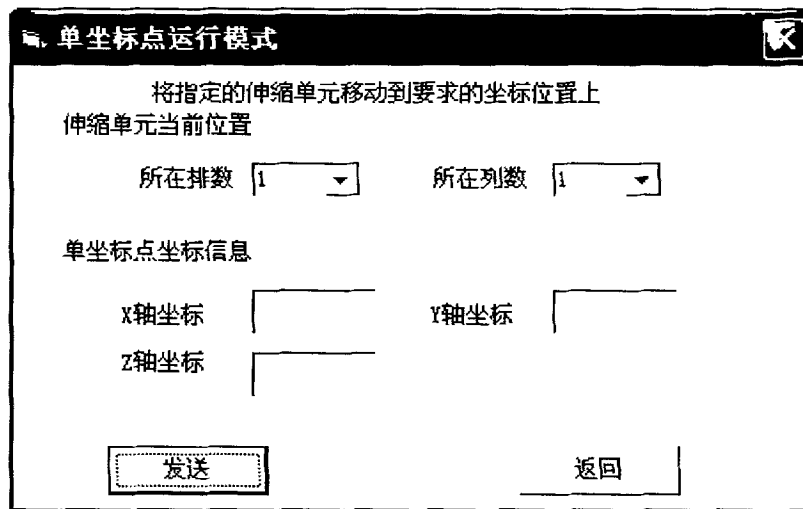


图 13