



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106625665 A

(43)申请公布日 2017.05.10

(21)申请号 201611161636.X

(22)申请日 2016.12.15

(71)申请人 北京卫星制造厂

地址 100190 北京市海淀区知春路63号

(72)发明人 周莹皓 张加波 田威 乐毅  
胡黎明 刘净瑜 刘鑫 赵长喜

(74)专利代理机构 中国航天科技专利中心  
11009

代理人 陈鹏

(51) Int. Cl.

B25J 9/16(2006.01)

B25J 11/00(2006.01)

B23P 23/04(2006.01)

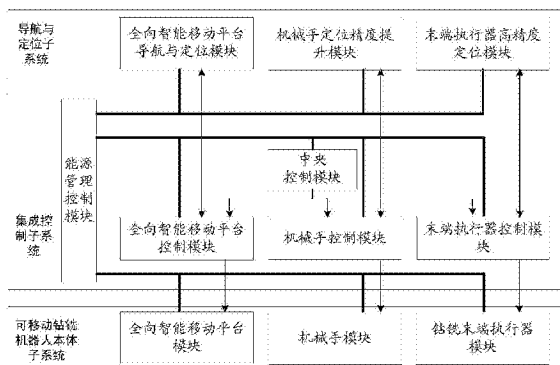
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种可移动式自动寻址的钻铣机器人系统

(57)摘要

一种可移动式自动寻址的钻铣机器人系统,包括可移动钻铣机器人本体子系统、集成控制子系统、导航与定位子系统,其中可移动钻铣机器人本体子系统又包括全向智能移动平台模块、机械手模块和钻铣末端执行器模块。导航与定位子系统又包括全向智能移动平台导航与定位模块、机械手定位精度提升模块、末端执行器高精度定位模块。集成控制子系统又包括中央控制模块、全向智能移动平台控制模块、机械手控制模块、末端执行器控制模块和能源管理控制模块。本发明系统能根据制造任务或生产环境的变化迅速进行调整布局,适用于多品种、中小批量生产,解决超大结构的加工技术瓶颈。



1. 一种可移动式自动寻址的钻铣机器人系统,其特征在于:包括可移动钻铣机器人本体子系统、集成控制子系统、导航与定位子系统,其中:

可移动钻铣机器人本体子系统又包括全向智能移动平台模块、机械手模块和钻铣末端执行器模块,全向智能移动平台模块上固定机械手模块,机械手模块的末端与钻铣末端执行器模块相连接;全向智能移动平台模块实现可移动式自动寻址的钻铣机器人在工作场地内超过机械手模块运动行程外的移动,机械手模块由不同的旋转轴组成,各旋转轴通过不同的转动角度和速度带动钻铣末端执行器模块进行运动,钻铣末端执行器模块完成钻孔、铣削作业;

导航与定位子系统又包括全向智能移动平台导航与定位模块、末端执行器高精度定位模块、机械手定位精度提升模块,全向智能移动平台导航与定位模块采用视觉导航定位方式,得到全向智能移动平台模块的笛卡尔坐标系 $X$ 、 $Y$ 值,偏航角 $\theta$ 值并送至集成控制子系统;机械手定位精度提升模块使用激光跟踪仪对机械手模块各旋转轴的转角进行定位检测并送至集成控制子系统;末端执行器高精度定位模块采用激光跟踪仪实时跟踪钻铣末端执行器模块,获取钻铣末端执行器模块的位置信息并送至集成控制子系统;

集成控制子系统又包括中央控制模块、全向智能移动平台控制模块、机械手控制模块、末端执行器控制模块和能源管理控制模块,中央控制模块预先存储可移动钻铣机器人本体子系统中各模块的目标运动姿态,并分别与导航与定位子系统各模块传来的信息进行逐一比对,当全向智能移动平台模块的笛卡尔坐标系 $X$ 、 $Y$ 实测值,偏航角 $\theta$ 实测值与预先存储的目标运动姿态不一致时,中央控制模块控制全向智能移动平台控制模块对全向智能移动平台模块的位置进行闭环控制,实现一级定位;当机械手模块各旋转轴的实际转角与预先存储的目标运动姿态不一致时,中央控制模块控制机械手控制模块对机械手模块各旋转轴的转角进行闭环控制,实现二级定位;当钻铣末端执行器模块的实际位置与预先存储的目标运动姿态不一致时,中央控制模块控制末端执行器控制模块对钻铣末端执行器模块的运动进行闭环控制,实现三级定位;能源管理控制模块为可移动钻铣机器人本体子系统、集成控制子系统、导航与定位子系统提供工作电源。

2. 根据权利要求1所述的一种可移动式自动寻址的钻铣机器人系统,其特征在于:所述的全向智能移动平台模块包括麦克纳姆轮系和稳定支撑结构,当麦克纳姆轮系托举的全向智能移动平台模块移动到指定的位置时,稳定支撑结构的液压支腿向下支撑起整个全向智能移动平台模块,防止机械手模块运动时全向智能移动平台模块产生振动。

3. 根据权利要求1或2所述的一种可移动式自动寻址的钻铣机器人系统,其特征在于:所述的钻铣末端执行器模块包括结构框架、两向进给机构和电主轴,结构框架为钻铣末端执行器模块与机械手模块相连接部分,结构框架上安装两向进给机构,两向进给机构上安装电主轴,两向进给机构中的一向与机械手模块中从底座开始向末端方向计算的第二个旋转轴轴线平行,另一向与加工刀具轴线方向平行,主轴上可安装钻头和铣刀两类刀具实现钻孔和铣削功能。

## 一种可移动式自动寻址的钻铣机器人系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于机械控制领域,涉及一种可用于工业制造的机器人系统。

### 背景技术

[0002] 在航空、航天、轨道交通、武器装备、海洋工程等领域的制造过程中,装备高质量、大尺寸的特点,导致现有的制造设备在行程和功能上无法满足其加工要求,且部分装备的加工、装配过程仍基本依靠人工和少量专用工装完成,劳动强度大、装配效率低,其加工、装配、测试等制造瓶颈问题日益突出,主要表现为:超大结构产品的制造超出现有加工设备的能力范围,如果在现有机床上改造或者研制专用超大型机床,造价昂贵,经济性差;制造过程复杂、工序繁多、任务繁重,周期性要求紧;制造过程柔性、自动化水平需要提升。

[0003] 基于此,机器人制造技术得到了快速发展。现有的机器人制造系统,例如《一种工业机器人作业方法》CN201310680291.9只说明了通用工业机器人的作业流程,与移动机器人相比,由于运动行程上不同,作业流程也不同,且没有明确制造系统的组成。又例如《一种工业型柔性制造生产线系统》CN201310152243.2,其所述各类加工单元仍然由传统的数控机床组成,机器人只负责进行上下料搬运或者分拣,并不作为加工设备,且对系统的工作流程未作描述。

### 发明内容

[0004] 本发明解决的技术问题是:克服现有技术的不足,提供了一种以全向智能移动平台、工业机械手、高精度钻铣末端执行器、集成控制系统为核心的可移动式自动寻址的钻铣机器人系统,能根据制造任务或生产环境的变化迅速进行调整布局,适用于多品种、中小批量生产,解决超大结构的加工技术瓶颈。

[0005] 本发明的技术解决方案是:一种可移动式自动寻址的钻铣机器人系统,包括可移动钻铣机器人本体子系统、集成控制子系统、导航与定位子系统,其中:

[0006] 可移动钻铣机器人本体子系统又包括全向智能移动平台模块、机械手模块和钻铣末端执行器模块,全向智能移动平台模块上固定机械手模块,机械手模块的末端与钻铣末端执行器模块相连接;全向智能移动平台模块实现可移动式自动寻址的钻铣机器人在工作场地内超过机械手模块运动行程外的移动,机械手模块由不同的旋转轴组成,各旋转轴通过不同的转动角度和速度带动钻铣末端执行器模块进行运动,钻铣末端执行器模块完成钻孔、铣削作业;

[0007] 导航与定位子系统又包括全向智能移动平台导航与定位模块、末端执行器高精度定位模块、机械手定位精度提升模块,全向智能移动平台导航与定位模块采用视觉导航定位方式,得到全向智能移动平台模块的笛卡尔坐标系X、Y值,偏航角 $\theta$ 值并送至集成控制子系统;机械手定位精度提升模块使用激光跟踪仪对机械手模块各旋转轴的转角进行定位检测并送至集成控制子系统;末端执行器高精度定位模块采用激光跟踪仪实时跟踪钻铣末端执行器模块,获取钻铣末端执行器模块的位置信息并送至集成控制子系统;

[0008] 集成控制子系统又包括中央控制模块、全向智能移动平台控制模块、机械手控制模块、末端执行器控制模块和能源管理控制模块,中央控制模块预先存储可移动钻铣机器人本体子系统中各模块的目标运动姿态,并分别与导航与定位子系统各模块传来的信息进行逐一比对,当全向智能移动平台模块的笛卡尔坐标系X、Y实测值,偏航角 $\theta$ 实测值与预先存储的目标运动姿态不一致时,中央控制模块控制全向智能移动平台控制模块对全向智能移动平台模块的位置进行闭环控制,实现一级定位;当机械手模块各旋转轴的实际转角与预先存储的目标运动姿态不一致时,中央控制模块控制机械手控制模块对机械手模块各旋转轴的转角进行闭环控制,实现二级定位;当钻铣末端执行器模块的实际位置与预先存储的目标运动姿态不一致时,中央控制模块控制末端执行器控制模块对钻铣末端执行器模块的运动进行闭环控制,实现三级定位;能源管理控制模块为可移动钻铣机器人本体子系统、集成控制子系统、导航与定位子系统提供工作电源。

[0009] 所述的全向智能移动平台模块包括麦克纳姆轮系和稳定支撑结构,当麦克纳姆轮系托举的全向智能移动平台模块移动到指定的位置时,稳定支撑结构的液压支腿向下支撑起整个全向智能移动平台模块,防止机械手模块运动时全向智能移动平台模块产生振动。

[0010] 所述的钻铣末端执行器模块包括结构框架、两向进给机构和电主轴,结构框架为钻铣末端执行器模块与机械手模块相连接部分,结构框架上安装两向进给机构,两向进给机构上安装电主轴,两向进给机构中的一向与机械手模块中从底座开始向末端方向计算的第二个旋转轴轴线平行,另一向与加工刀具轴线方向平行,主轴上可安装钻头和铣刀两类刀具实现钻孔和铣削功能。

[0011] 本发明与现有技术相比的优点在于:本发明提出一种可移动式自动寻址的钻铣机器人系统,针对高端装备尺寸不断增加、精度不断提高的要求,通过导航与定位子系统的一、二、三级定位,能够实现可移动钻铣机器人的自主感知;通过集成控制子系统,能够实现可移动钻铣机器人系统的闭环决策与控制;通过可移动钻铣机器人本体子系统,能够形成集全向智能移动平台、工业机械臂和高精度钻铣末端执行器于一体的柔性执行系统,三个子系统融合感知、决策、控制与执行一体化,从而实现将大型产品装夹在固定工位完成所有加工作业,减少工位之间转运造成的时间和成本,满足大型或超大构件的高精度、自动化、柔性化的加工需要,具体表现在:

[0012] (1) 本发明融合全向智能移动平台、工业机械臂、高精度钻铣末端执行器于一体,改变了传统机床加工模式及机器人固定工位加工模式,使大型或超大、重载产品在无需转运的情况下完成加工制造,提高了加工的灵活性;

[0013] (2) 本发明采用三级定位的方式,通过视觉导航定位将可移动钻铣机器人导航至待加工部位,实现一级定位;通过机械手定位精度提升,将实时检测得到的机械手位姿与理论位姿相比较,实时校正位姿,实现二级定位;通过末端执行器高精度定位,实时检测末端位姿,补偿实际位姿与理论位姿之间的误差,实现三级定位。通过一、二、三级定位,能够满足大型或超大型构件高精度加工需要;

[0014] (3) 本发明实现机器人全闭环控制,以中央控制为核心,下属分管全向智能移动平台控制、机械手控制、末端执行器控制和能源控制,通过实时获取全向智能移动平台、机械手、末端执行器的位姿数据,决策并控制全向智能移动平台、机械手、末端执行器进行位姿精确调整,可以有效避免以往工业机械臂因开环控制结构而造成的精度不高等问题。

## 附图说明

[0015] 图1为本发明系统的组成原理框图；

[0016] 图2为本发明系统的工作流程图。

## 具体实施方式

[0017] 本发明一种可移动式自动寻址的钻铣机器人系统组成如图1所示,包括可移动钻铣机器人本体子系统、集成控制子系统、导航与定位子系统,其中:

[0018] 导航与定位子系统包括全向智能移动平台导航与定位模块、机械手定位精度提升模块、末端执行器高精度定位模块。该子系统是可移动式自动寻址的钻铣机器人系统的定位系统,获取可移动钻铣机器人本体子系统中各模块的遥测数据,并提供给集成控制子系统。

[0019] 这里的遥测数据包括可移动钻铣机器人本体子系统中各模块的位姿和速度。位姿包括:全向智能移动平台模块的笛卡尔坐标系 $X$ 、 $Y$ 值,偏航角 $\theta$ ,机械手模块各关节转角 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 、 $A_5$ 、 $A_6$ ,钻铣末端执行器模块中两向进给机构位置坐标 $U$ 、 $V$ 值。速度包括:全向智能移动平台模块的笛卡尔坐标系 $X$ 向、 $Y$ 向速度 $v_x$ 、 $v_y$ 值,偏航角速度 $\omega_\theta$ ,机械手模块各关节的转角角速度 $\omega_{A_1}$ 、 $\omega_{A_2}$ 、 $\omega_{A_3}$ 、 $\omega_{A_4}$ 、 $\omega_{A_5}$ 、 $\omega_{A_6}$ ,钻铣末端执行器模块中两向进给机构的运动速度 $v_U$ 、 $v_V$ 值。其中,全向智能移动平台模块的笛卡尔坐标系以全向智能移动平台模块中心为原点, $X$ 向与全向智能移动平台模块前进方向一致, $Y$ 向与全向智能移动平台模块轮系轴线平行;钻铣末端执行器模块以机械手模块末端法兰中心点为原点, $U$ 向与机械手模块中从底座开始向末端方向计算的第二个旋转轴轴线平行, $V$ 向与加工刀具轴线方向平行。

[0020] 集成控制子系统包括中央控制模块、全向智能移动平台控制模块、能源管理控制模块、末端执行器控制模块和机械手控制模块。该子系统是可移动式自动寻址的钻铣机器人系统的控制系统,负责将导航定位子系统的遥测数据与中央控制模块内预先存储的数控程序进行实时比对,确认可移动钻铣机器人本体子系统中各模块的运动姿态与数控程序一致,形成闭环控制。

[0021] 这里的数控程序包括运动指令和功能指令两个部分。运动指令包括全向智能移动平台模块的目标位置指令 $X'$ 、 $Y'$ 值,偏航角 $\theta'$ ,机械手模块各关节目标位置指令 $A_1'$ 、 $A_2'$ 、 $A_3'$ 、 $A_4'$ 、 $A_5'$ 、 $A_6'$ ,钻铣末端执行器模块中两向进给机构目标位置指令 $U'$ 、 $V'$ 。功能指令包括全向智能移动平台模块运动方向进给速度 $F'_{xy}$ (合成速度),偏航角速度 $F'_\theta$ ,机械手模块的进给速度 $F'$ ,钻铣末端执行器模块中两向进给机构运动方向进给速度 $F'_{uv}$ (合成速度),全向智能移动平台模块动作指令,机械手模块动作指令,钻铣末端执行器模块动作指令。

[0022] 可移动钻铣机器人本体子系统包括全向智能移动平台模块、钻铣末端执行器模块、机械手模块,是可移动式自动寻址的钻铣机器人系统的执行机构。按照集成控制子系统下发的控制指令执行钻孔、铣削作业任务。其中全向智能移动平台模块上固定机械手模块,机械手模块的末端与钻铣末端执行器模块相连接。

[0023] 导航与定位子系统中全向智能移动平台导航与定位模块采用视觉导航定位方式,该方式采用摄像头采集地面的标线和二维码,通过识别标线和二维码,得到全向智能移动平台模块的笛卡尔坐标系 $X$ 、 $Y$ 值,偏航角 $\theta$ 具体数值,实现一级定位。机械手定位精度提升模

块使用激光跟踪仪对机械手模块各关节转角 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 、 $A_5$ 、 $A_6$ 进行定位精度检测,当激光跟踪仪检测得到的转角实际角度 $A_1'$ 、 $A_2'$ 、 $A_3'$ 、 $A_4'$ 、 $A_5'$ 、 $A_6'$ 与前述不一致时,机械手控制模块向机械手模块发出转动指令,直至两者相等,以此实现二级定位。末端执行器高精度定位模块采用激光跟踪仪,实时跟踪机器人末端执行器上预置的激光跟踪仪靶标,当钻铣末端执行器模块中两向进给机构实际位置 $U$ 、 $V$ 与目标位置指令 $U'$ 、 $V'$ 不一致时,末端执行器控制模块向钻铣末端执行器模块发出移动指令,直至两者相等,以此实现三级定位。

[0024] 集成控制子系统中央控制模块主要包括两项功能。一是负责对数控程序进行解算,将数控程序中与全向智能移动平台控制模块,末端执行器控制模块和机械手控制模块相关的指令分别发送至上述模块。二是与导航与定位子系统进行通讯,控制全向智能移动平台控制模块,末端执行器控制模块和机械手控制模块分别向导航与定位子系统中全向智能移动平台导航与定位模块,末端执行器高精度定位模块和机械手定位精度提升模块请求并获取前述的遥测数据。

[0025] 全向智能移动平台控制模块,末端执行器控制模块和机械手控制模块的功能是:中央控制模块解算后的目标位置指令与分别从全向智能移动平台导航与定位模块,末端执行器高精度定位模块和机械手定位精度提升模块获得的遥测数据进行比对,当遥测数据与目标位置指令存在偏差时,分别驱动可移动钻铣机器人本体子系统中各运动机构进行运动,直至偏差为零后继续执行下一条运动指令。

[0026] 机械手控制模块用于控制机械手模块的 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 、 $A_5$ 、 $A_6$ 共6个旋转轴的启停、转动角度、角速度,实现 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 、 $A_5$ 、 $A_6$ 的联动,即 $A_6$ 轴末端与钻铣末端执行器连接的部位能按照指定的直线、圆弧或样条曲线插补;末端执行器控制模块用于控制两向进给机构的位置、移动速度、电主轴的启动停止、旋转速度、刀具更换、冷却。

[0027] 能源管理控制模块3的功能是为导航与定位子系统提供12V的驱动电源,为可移动钻铣机器人本体子系统提供380V三相交流驱动电源,并与外部接电装置进行连接、断开控制。

[0028] 可移动钻铣机器人本体子系统中的全向智能移动平台模块实现可移动式自动寻址的钻铣机器人在工作场地内超过机械手模块运动行程外的移动,使得机械手模块的运动范围能够覆盖整个加工范围。全向智能移动平台模块主要包括麦克纳姆轮系和稳定支撑结构,当麦克纳姆轮系托举的全向智能移动平台模块移动到数控程序指定的位置时,稳定支撑结构的四条液压支腿向下支撑起整个平台,防止机械手模块运动时,全向智能移动平台模块产生振动。机械手模块由 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 、 $A_5$ 、 $A_6$ 共6个旋转轴组成,通过机械手控制模块控制各轴的转动角度和速度,带动钻铣末端执行器进行运动。钻铣末端执行器模块用于实现钻孔、铣削作业内容,包括结构框架、两向进给机构和电主轴。结构框架为钻铣末端执行器模块与机械手模块相连接部分,结构框架上安装两向进给机构,两向进给机构上安装电主轴。两向进给机构由两个方向的直线导轨、驱动电机、滚珠丝杠副和直线光栅尺组成。电主轴上可安装钻头和铣刀两类刀具实现钻孔和铣削功能。

[0029] 如图2所示,本发明系统的工作过程如下:

[0030] 第一步,对可移动钻铣机器人进行加工任务路径规划离线编程,包括针对加工构件中不同的局部加工对象(局部对象 $i=1,2,\dots,n$ )进行机器人站位(站位 $j=1,2,\dots,n$ )规划与加工作业程序(作业程序 $k=1,2,\dots,n$ )规划(加工对象、站位及程序规划按编号

顺序进行),生成一套程序包,并将该程序包发送至集成控制子系统中央控制模块;

[0031] 第二步,可移动钻铣机器人于待命区进行系统自检,包括导航与定位子系统状态和集成控制子系统状态,自检通过,执行第三步,自检未通过,报警提示;

[0032] 第三步,建立加工基准:通过激光跟踪仪扫描预设的基准点建立世界坐标系,并按照产品理论坐标系,通过激光跟踪仪检测产品上的特征,建立产品全局加工坐标系;

[0033] 第四步,断开可移动钻铣机器人与待命区电源连接,通过全向智能移动平台导航与定位模块,将可移动钻铣机器人导航至第j个规划站位坐标,完成一级定位;

[0034] 第五步,开启全向智能移动平台稳定支撑结构,同时连接站位电源;

[0035] 第六步,用机械手定位精度提升模块对机械手模块进行定位精度检测,并进行误差补偿,完成二级定位;

[0036] 第七步,找正第j个站位中第i个加工对象,建立工具坐标系和加工坐标系;

[0037] 第八步,执行第k个作业程序机器人加工程序,并在加工过程中,采用末端执行器高精度定位模块,实时检测机器人末端位姿,并将其与理论位姿的误差反馈至末端执行器控制模块,控制可移动钻铣机器人中的机械手模块和钻铣末端执行器模块调整位姿误差进行补偿,完成三级定位;

[0038] 第九步,判断第i个加工对象是否完成所有程序,是则执行第十步,否则 $k=k+1$ ,并执行第八步;

[0039] 第十步,判断第j个站位中是否所有加工对象完成加工,是则执行第十一步,否则 $i=i+1$ ,并执行第七步;

[0040] 第十一步,完成第j个站位加工作业,断开电源,关闭全向智能移动平台稳定支撑结构;

[0041] 第十二步,判断是否所有站位都完成加工,是则执行第十三步,否则 $j=j+1$ ,并执行第四步;

[0042] 第十三步,通过全向智能移动平台导航与定位模块,将可移动钻铣机器人导航至待命区,连接电源并待命;

[0043] 第十四步,结束流程。

[0044] 本发明说明书中未作详细描述的内容属本领域技术人员的公知技术。

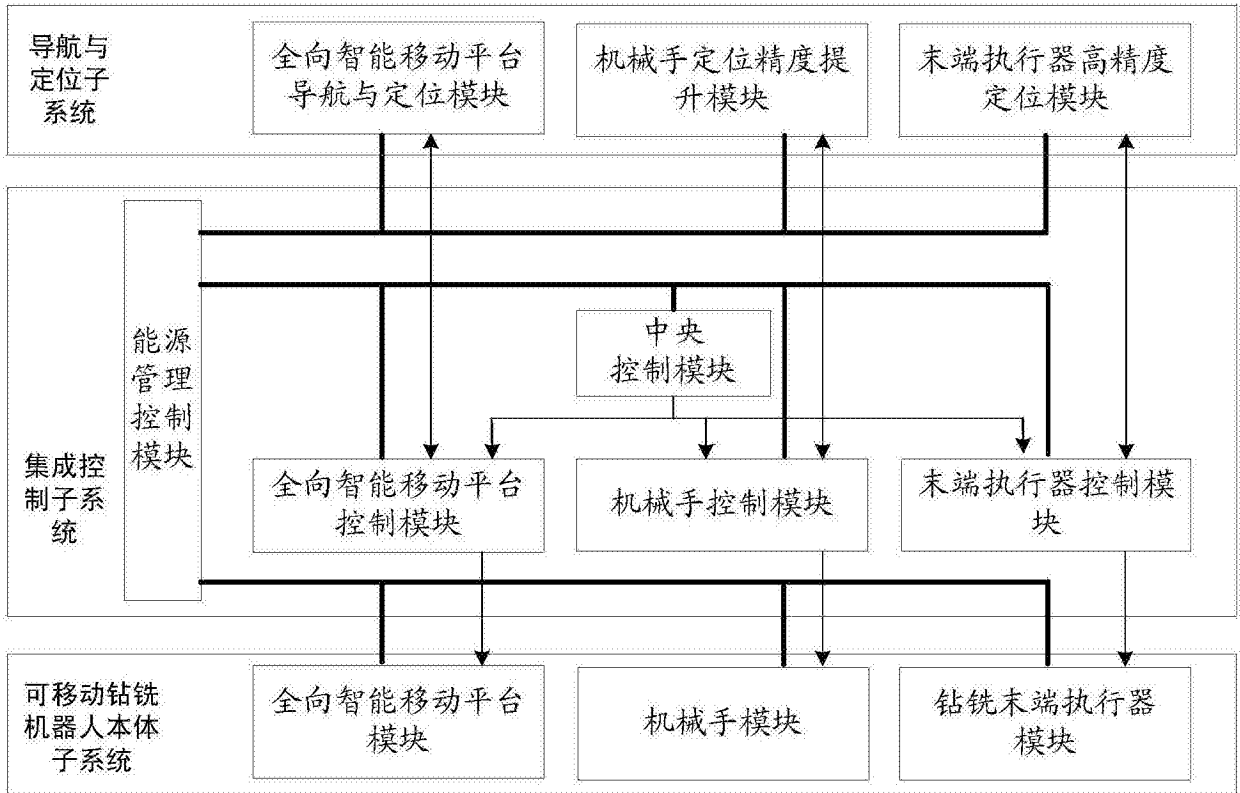


图1



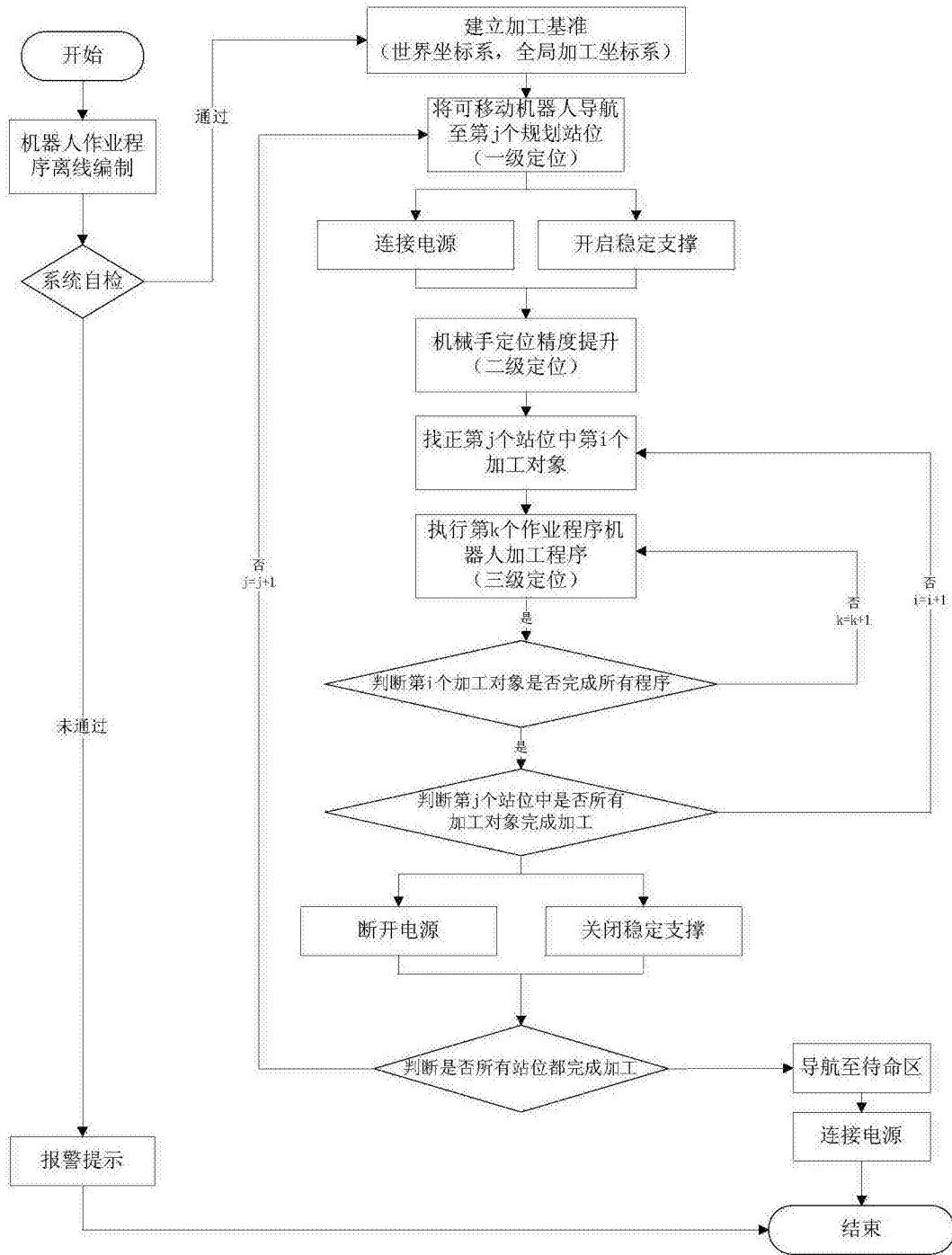


图2