



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116118225 A

(43) 申请公布日 2023.05.16

(21) 申请号 202211377322.9

(22) 申请日 2022.11.04

(71) 申请人 武汉大学

地址 430072 湖北省武汉市武昌区珞珈山
街道八一路299号

(72) 发明人 李淼 刘胜 李祥利 雷自伟
周睿 李梦德 赵富强

(74) 专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 42222
专利代理师 杨宏伟

(51) Int. Cl.

B29C 70/38 (2006.01)

B29C 70/54 (2006.01)

B26D 1/06 (2006.01)

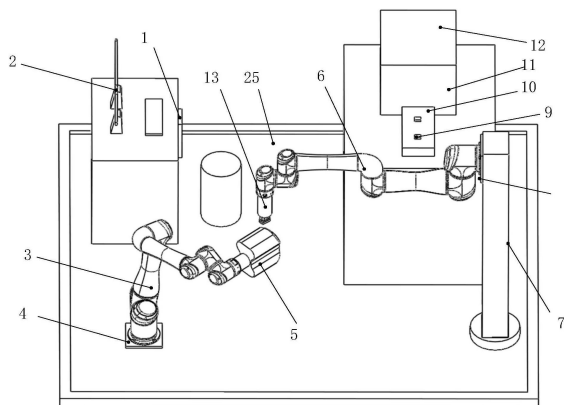
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于双臂协作的短切纤维铺放机器人
及铺放方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于双臂协作的短切纤维铺放机器人及铺放方法,包括调姿机械臂、纤维短切装置、拾取机械臂和安装在拾取机械臂末端的拾取铺放装置,拾取铺放装置包括拾取底座、伸缩装置和具有加热功能的拾取头;铺丝时,本发明首先对芯模建模并网格化处理,基于网格化规划铺丝路径及控制点,每个控制点对应一片纤维片;通过调姿机械臂调整芯模位姿,使得每个当期待铺放的控制点处于同一位姿;利用拾取机械臂驱动拾取铺放装置拾取经过纤维短切装置短切后的纤维片铺放在控制点上。本发明实时调整芯模位姿,大大简化了拾取机械臂的运动路径,提高了铺丝效率和铺丝质量。



1. 一种基于双臂协作的短切纤维铺放机器人,其特征在于,包括:
调姿机械臂,用于支撑芯模,并根据需要实时调整芯模的姿态;
纤维短切装置,用于将纤维预浸带切片成纤维片;
拾取机械臂,执行末端安装有拾取铺放装置,所述拾取机械臂驱动拾取铺放装置拾取短切后的纤维片,然后根据设定路径铺放在安装于芯模上。
2. 根据权利要求1所述基于双臂协作的短切纤维铺放机器人,其特征在于:所述纤维短切装置包括短切平台和沿着纤维预浸带展开路径依次设置短切平台上的纤维卷、重送装置、压紧装置及剪切装置,所述纤维卷上收卷有纤维预浸带,所述重送装置用于将纤维卷上的纤维预浸带按照所需速度展开输送至纤维拾取区域,所述剪切装置用于将纤维预浸带切断成片。
3. 根据权利要求2所述基于双臂协作的短切纤维铺放机器人,其特征在于:所述剪切装置之后还设有用于检测纤维片质量的质检装置。
4. 根据权利要求3所述基于双臂协作的短切纤维铺放机器人,其特征在于:所述剪切装置之后还设有纤维传送装置,用于将短切后的纤维片输送至纤维拾取区域被拾取铺放装置所拾取。
5. 根据权利要求2所述基于双臂协作的短切纤维铺放机器人,其特征在于:所述拾取铺放装置包括拾取基座、安装于拾取基座上的伸缩装置和安装于伸缩装置的伸缩末端上具有加热功能的拾取头,所述拾取头通过加热升温对纤维片产生粘附力进行拾取,相应待铺放芯模上涂覆有用于固定纤维片的黏胶或者粘结剂。
6. 根据权利要求5所述基于双臂协作的短切纤维铺放机器人,其特征在于:所述拾取头包括拾取基板、加热板以及设于两者之间的弹性块,所述拾取基板固定在伸缩装置的伸缩末端上,并且所述拾取基板上还设有用于检测加热板与纤维片或者芯模之间接触力的力传感器。
7. 一种基于双臂协作的短切纤维铺放方法,采用权利要求1-6任意一项所述的短切纤维铺放机器人,其特征在于,包括以下步骤:
步骤1、搭建短切纤维铺放机器人;
步骤2、建立调姿机械臂、纤维短切装置及拾取机械臂之间坐标转换关系,从而得到任意时刻下,拾取铺放装置与芯模表面、短切后纤维片之间的相对位姿关系;
步骤3、采用三维软件对芯模建模,将芯模网格化处理,基于芯模表面网格规划铺丝路径,在铺丝路径上规划若干控制点,每个控制点铺放一个纤维片;
步骤4、在芯模表面涂覆用于固定纤维片的黏胶或者粘附剂;
步骤5、通过拾取机械臂控制拾取铺放装置拾取短切后的纤维片,根据铺丝路径在芯模上进行纤维铺放。
8. 根据权利要求7所述一种基于双臂协作的短切纤维铺放方法,其特征在于:在步骤3中,记录每个控制点的法向量,定义一个铺丝点和铺丝点法向量;在步骤5中进行纤维铺放时,通过调姿机械臂调整芯模位姿,使得芯模上的控制点按照铺丝路径依次到达铺丝点,并且位于铺丝点的当前控制点的法向量与铺丝点法向量重合。
9. 根据权利要求7所述一种基于双臂协作的短切纤维铺放方法,其特征在于:在步骤3中生成铺丝路径的方式如下:

基于芯模表面网格求解出测地线作为铺放路径的基准,将测地线沿芯模表面平移密化铺放路径,得到铺丝路径。

10.根据权利要求7所述一种基于双臂协作的短切纤维铺放方法,其特征在于:在步骤5中纤维铺放过程中,通过深度相机实时监测芯模表面点云数据,根据点云数据对铺丝路径进行校正。

一种基于双臂协作的短切纤维铺放机器人及铺放方法

技术领域

[0001] 本发明属于机器人技术领域,涉及一种短切纤维材料铺放机器人,具体涉及一种基于双臂协作的短切纤维铺放机器人及铺放方法。

背景技术

[0002] 近年来,机器人在医疗、航空等领域得到快速发展,尤其是复合材料铺放机器人在航空航天复合材料结构制造中被广泛应用。目前,高效的复合材料铺放机器人主要以自动铺带机器人和自动铺丝机器人形式为主。自动铺带机器人凭借高成型率、高铺放效率得到推广,但受带宽和芯模曲率限制只能应用于制造形状较为简单的部件。自动铺丝机器人可实现对丝束的单独控制和铺放、复杂环境下的转弯铺设,但面对小尺寸、大曲率构件,仍显得无能为力。国际上,西方国家已探索出应用于复杂曲率芯模的短切纤维铺放设备,可以快速进行小尺寸、复杂曲率构件的铺放作业,具有成型效率高、灵活性强、稳定性好等优点。

[0003] 目前,国内在小尺寸、复杂曲率零件的铺放方面研究与国外存在较大差距,对于短切纤维铺放设备的研究较少,尤其是双臂协作的短切纤维铺放机器人仍处于理论研究阶段。

发明内容

[0004] 鉴于上述现有的复合材料铺放机器人研究的不足,本发明的目的在于提供一种基于双臂协作的短切纤维铺放机器人及铺放方法,其能够实现不同尺寸、曲率构件的铺放作业。利用拾取机械臂控制拾取铺放装置拾取短切纤维,调姿机械臂调整芯模姿态,拾取铺放装置可更换的优点,利用协作机械臂运行可靠、可控性高、动作灵活的优点,本发明所述的双臂协作的短切纤维铺放机器人具有成型率高、自动化程度大、质量可控及适应曲率变化能力强的特点,对复合材料铺放领域有巨大应用价值。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0006] 一种基于双臂协作的短切纤维铺放机器人,其特征在于,包括:

[0007] 调姿机械臂,用于支撑芯模,并根据需要实时调整芯模的姿态;

[0008] 纤维短切装置,用于将纤维预浸带切片成纤维片;

[0009] 拾取机械臂,执行末端安装有拾取铺放装置,所述拾取机械臂驱动拾取铺放装置拾取短切后的纤维片,然后根据设定路径铺放在安装于芯模上。

[0010] 进一步地,所述纤维短切装置包括短切平台和沿着纤维预浸带展开路径依次设置短切平台上的纤维卷、重送装置、压紧装置及剪切装置,所述纤维卷上收卷有纤维预浸带,所述重送装置用于将纤维卷上的纤维预浸带按照所需速度展开输送至纤维拾取区域,所述剪切装置用于将纤维预浸带切断成片。

[0011] 进一步地,所述短切纤维铺放机器人还包括控制器,具体可以为工控机,用于对调姿机械臂、纤维短切装置、拾取机械臂以及拾取铺放装置进行控制。

[0012] 进一步地,所述短切纤维铺放机器人还包括工作平台,所述调姿机械臂通过调姿

机械臂底座安装在工作平台上;所述拾取机械臂通过拾取机械臂底座安装在立柱上,立柱固定在工作平台上。

[0013] 进一步地,所述剪切装置之后还设有用于检测纤维片质量的质检装置。

[0014] 进一步地,所述质检装置类型不限,可以是质量质检装置,也可以是尺寸测量仪,还可以是检测有无缺陷的超声装置等等,根据实际加工情况进行选择,比如对于质量非常好的纤维预浸带,只需要检测尺寸是否符合要求即可,检测尺寸的方式可以用视觉识别装置进行面积识别,或者通过长度测量仪进行长度测量,或者通过质量测量设备进行间接测量,具体方式不限,目的就是为了保证被切断后的纤维片尺寸的均一性,以提高纤维铺放质量。

[0015] 进一步地,所述剪切装置之后还设有纤维传送装置,用于将短切后的纤维片输送至纤维拾取区域被拾取铺放装置所拾取。

[0016] 纤维传送装置可以为设置于短切平台边缘的输送带,短切时,纤维片大部分已经处于输送带上,短切后,被切的纤维片直接随着输送带被送走至纤维拾取区域。

[0017] 进一步地,所述拾取铺放装置包括拾取基座、安装于拾取基座上的伸缩装置和安装于伸缩装置的伸缩末端上具有加热功能的拾取头,所述拾取头通过加热升温对纤维片产生粘附力进行拾取,相应待铺放芯模上涂覆有用于固定纤维片的黏胶或者粘结剂。

[0018] 进一步地,所述拾取头包括拾取基板、加热板以及设于两者之间的弹性块,所述拾取基板固定在伸缩装置的伸缩末端上,并且所述拾取基板上还设有用于检测加热板与纤维片或者芯模之间接触力的力传感器。

[0019] 一种基于双臂协作的短切纤维铺放方法,采用上述的短切纤维铺放机器人,其特征在于,包括以下步骤:

[0020] 步骤1、搭建短切纤维铺放机器人;

[0021] 步骤2、建立调姿机械臂、纤维短切装置及拾取机械臂之间坐标转换关系,从而得到任意时刻下,拾取铺放装置与芯模表面、短切后纤维片之间的相对位姿关系;

[0022] 步骤3、采用三维软件对芯模建模,将芯模网格化处理,基于芯模表面网格规划铺丝路径,在铺丝路径上规划若干控制点,每个控制点铺放一个纤维片;

[0023] 步骤4、在芯模表面涂覆用于固定纤维片的黏胶或者粘附剂;

[0024] 步骤5、通过拾取机械臂控制拾取铺放装置拾取短切后的纤维片,根据铺丝路径在芯模上进行纤维铺放。

[0025] 进一步地,在步骤3中,记录每个控制点的法向量,定义一个铺丝点和铺丝点法向量;在步骤5中进行纤维铺放时,通过调姿机械臂调整芯模位姿,使得芯模上的控制点按照铺丝路径依次到达铺丝点,并且位于铺丝点的当前控制点的法向量与铺丝点法向量重合。

[0026] 进一步地,所述铺丝点法向量的设置以便于拾取机械臂铺放为准,即当拾取机械臂携带拾取铺放装置从纤维拾取区域拾取纤维片以最短路径达到铺丝点时,将此时与拾取机械臂执行末端的轴线或者所拾取纤维片的中垂线定义重合的向量(一般为了简化计算,采用单位向量)定义为铺丝点法向量,能达到相同硬件设备环境下最高铺丝效率和最佳铺丝质量。

[0027] 进一步地,在步骤3中生成铺丝路径的方式如下:

[0028] 基于芯模表面网格求解出测地线作为铺放路径的基准,将测地线沿芯模表面平移密化铺放路径,得到铺丝路径。

[0029] 进一步地,在步骤5中纤维铺放过程中,通过深度相机实时监测芯模表面点云数据,根据点云数据对铺丝路径进行校正。

[0030] 本发明的有益效果是:

[0031] 1、本发明使用两个机械臂搭建短切纤维自动铺放机器人系统,凭借机械臂生产稳定性好、适应曲率变化能力强的优势,是两机械臂分别进行芯模姿态调整及纤维块的铺放,充分利用拾取机械臂携带拾取铺放装置拾取短切后纤维片时间,通过调姿机械臂调整芯模位姿,降低了拾取机械臂动作复杂性,实现复材铺放作业的高效性和稳定性。

[0032] 2、本发明利用机械臂固连拾取铺放装置拾取块状短切纤维的方法进行复材铺放作业,结合拾取铺放装置采用了柔性橡胶块形式,可随芯模曲率发生等曲率形变,使该系统可实现小尺寸和高曲率的芯模铺放作业。

[0033] 3、本发明通过多自由度机械臂,将待铺放纤维,移动到指定位置,调姿机械臂灵活的调整芯模姿态,满足不同复杂程度的铺放作业,使复合材料铺放过程更加灵活,形成铺放过程的闭环控制。

[0034] 4、本发明机械臂在拾取和铺放纤维的过程中,网格化芯模,求解出测地线,根据测地线密化铺放轨迹,将密化的铺放轨迹根据裁剪的纤维尺寸细化分段,调姿机械臂进行芯模位姿调整,以两机械臂同时工作的形式,提高了铺放作业的准确度和连贯性。

附图说明

[0035] 图1是本发明所述基于双臂协作的短切纤维铺放机器人的整体平台图;

[0036] 图2是本发明所述基于双臂协作的短切纤维铺放机器人的前处理流程示意图;

[0037] 图3是本发明所述基于双臂协作的短切纤维铺放机器人的拾取铺放装置示意图;

[0038] 图4是本发明所述基于双臂协作的短切纤维铺放机器人的铺放流程图;

[0039] 图5是本发明所述基于双臂协作的短切纤维铺放机器人的控制框架。

[0040] 其中,1-工控机,2-显示器,3-调姿机械臂,4-调姿机械臂底座,5-芯模,6-拾取机械臂,7-立柱,8-拾取机械臂底座,9-待铺放纤维片,10-纤维传送装置,11-短切平台,12-纤维短切装置,13-拾取铺放装置,14-伸缩装置,15-力传感器,16-弹性块,17-加热板,18-深度相机,19-纤维卷,20-重送装置,21-压紧装置,22-剪切装置,23-质检装置,24-拾取基板,25-工作平台,26-拾取基座。

具体实施方式

[0041] 为了使本发明所要解决的技术问题、技术方案更加清晰明了,下面结合附图和实施例,对本发明提供的基于双臂协作的短切纤维铺放机器人进行详细说明,所述是对本发明的解释而不是限定。

[0042] 如图1至图5所示,一种基于双臂协作的短切纤维铺放机器人,包括:

[0043] 调姿机械臂3,用于支撑芯模5,并根据需要实时调整芯模5的姿态;

[0044] 纤维短切装置12,用于将纤维预浸带切片成纤维片;

[0045] 拾取机械臂6,执行末端安装有拾取铺放装置13,所述拾取机械臂6驱动拾取铺放装置13拾取短切后的待铺放纤维片9,然后根据设定路径铺放在安装于调姿机械臂3上的芯模5。

[0046] 虽然不是本发明的改进重点,但是作为纤维铺放的基本技术要求,所述短切纤维铺放机器人还包括控制器,具体可以为工控机1,用于对调姿机械臂3、纤维短切装置12、拾取机械臂6以及拾取铺放装置13进行控制,并且相互之间建立实时通讯机制。

[0047] 作为一种具体实施例,所述短切纤维铺放机器人还包括工作平台25,所述调姿机械臂3通过调姿机械臂底座4安装在工作平台25上;所述拾取机械臂6通过拾取机械臂底座8安装在立柱7上,立柱7固定在工作平台25上。

[0048] 作为一种具体实施例,所述短切纤维铺放机器人还包括显示器2,所述芯模5、铺丝路径以及已经铺丝的纤维片可以在显示器2上显示出来。

[0049] 如图4和图5所示,采用上述的短切纤维铺放机器人进行短切纤维铺放方法如下:

[0050] 步骤1、搭建短切纤维铺放机器人;

[0051] 步骤2、建立调姿机械臂3、纤维短切装置12及拾取机械臂6之间坐标转换关系,从而得到任意时刻下,拾取铺放装置13与芯模5表面、短切后纤维片之间的相对位姿关系;

[0052] 步骤3、采用三维软件对芯模5建模,将芯模5网格化处理,基于芯模5表面网格规划铺丝路径,在铺丝路径上规划若干控制点,每个控制点铺放一个纤维片;

[0053] 步骤4、在芯模5表面涂覆用于固定纤维片的黏胶或者粘附剂;

[0054] 步骤5、通过拾取机械臂6控制拾取铺放装置13拾取短切后的纤维片,根据铺丝路径在芯模5上进行纤维铺放。

[0055] 作为一种优选实施例,如图2所示,所述纤维短切装置12包括短切平台和沿着纤维预浸带展开路径依次设置短切平台上的纤维卷19、重送装置20、压紧装置21及剪切装置22,所述纤维卷19上收卷有纤维预浸带,所述重送装置20用于将纤维卷19上的纤维预浸带按照所需速度展开输送至纤维拾取区域,所述剪切装置22用于将纤维预浸带切断成片。上述重送装置20、压紧装置21和剪切装置22都可以采用现有技术中常用装置,具体形态不限,只需要安装本发明的安装顺序安装即可,比如重送装置20可以采用摩擦输送装置,利用摩擦轮进行输送,压紧装置21采用普通的压紧轮或者压紧块即可,剪切装置22采用安装在伸缩气缸上的切刀即可。还可以给纤维卷19配置驱动电机,配合重送装置20进行纤维预浸带展开输送。

[0056] 需要说明的是,本发明纤维预浸带为现有产品,为浸渍有树脂的带状纤维卷19,加热时,纤维预浸带上树脂软化,具有一定的粘附力。

[0057] 作为一种优选实施例,所述剪切装置22之后还设有用于检测纤维片质量的质检装置23。

[0058] 作为一种优选实施例,所述质检装置23类型不限,可以是质量质检装置,也可以是尺寸测量仪,还可以是检测有无缺陷的超声装置等等,根据实际加工情况进行选择,比如对于质量非常好的纤维预浸带,只需要检测尺寸是否符合要求即可,检测尺寸的方式可以用视觉识别装置进行面积识别,或者通过长度测量仪进行长度测量,或者通过质量测量设备进行尺寸间接测量,具体方式不限,目的就是为了保证被切断后的纤维片尺寸的均一性,以提高纤维铺放质量。

[0059] 作为一种优选实施例,所述剪切装置22之后还设有纤维传送装置10,用于将短切后的纤维片输送至纤维拾取区域被拾取铺放装置13所拾取。

[0060] 如图2所示,纤维传送装置10可以为设置于短切平台边缘的输送带,短切时,纤维

片大部分已经处于输送带上,短切后,被切的纤维片直接随着输送带被送走至纤维拾取区域。

[0061] 作为一种优选实施例,如图3所示,所述拾取铺放装置13包括拾取基座26、安装于拾取基座26上的伸缩装置14(可以为气缸)和安装于伸缩装置14的伸缩末端上具有加热功能的拾取头,所述拾取头通过加热升温对纤维片产生粘附力进行拾取,加热时,拾取头升温,使得纤维片上的树脂软化产生粘附力,从而将纤维片吸附,同时通过拾取头的挤压作用,提高纤维片的平整度;相应待铺放芯模5上涂覆有用于固定纤维片的黏胶或者粘结剂,当纤维片随着拾取机械臂6运动到芯模5表面,在一定接触力作用下粘附在芯模5上,同时拾取头降温(在转移过程中就停止加热),使得纤维片转移到芯模5表面。

[0062] 作为一种优选实施例,如图3所示,所述拾取头包括拾取基板24、加热板17以及设于两者之间的弹性块16,所述拾取基板24固定在伸缩装置14的伸缩末端上,并且所述拾取基板24上还设有用于检测加热板17与纤维片或者芯模5之间接触力的力传感器15,弹性块16可以保证加热板17具有一定让性,防止与纤维片或者芯模5刚性接触造成芯模5或者纤维片损坏;同时另外一方面,弹性块16使得加热板17具有一定姿态变形能力,使得拾取纤维片时,能够保证加热板17与纤维片具有最大接触面积,保证拾取效率。本实施例中,力传感器15安装位置有多种,可以安装在拾取基板24与伸缩末端之间,也可以安装在拾取基板24与弹性块16之间,可以是普通力传感器15,也可以是三维力传感器15,通过力传感器15可以检测加热板17受到的接触力,既能检测到加热板17是否与纤维片、芯模5接触,又能防止接触力过大造成损坏。

[0063] 本实施例中,所述加热板17具体材质不限,比如可以为氧化铝加热片,加热方式不限,可以为电加热,也可以为电磁加热(加热模块图中未画出),所述弹性块16具体材质不限,可以是橡胶块,也可以是具有弹性的泡沫块,还可以是多个碳化进行功能替代。

[0064] 作为一种优选实施例,如图3所示,所述拾取基座26上还设有深度相机18,在纤维铺放过程中,通过深度相机18实时监测芯模5表面点云数据,根据点云数据对铺丝路径进行校正。深度相机18采集芯模5表面信息后生成位置点云发送给工控机,点云信息带有系统时间戳。对深度相机18标定之后,可以通过相机采集的深度点云计算得到芯模5表面离散采样点在拾取机械臂6基座坐标系下的坐标以及法向量。

[0065] 作为一种优选实施例,调姿机械臂底座4和拾取机械臂底座8之间的位置关系可通过在两机械臂末端安装锥形零件,拖动两机械臂使锥形零件尖端在空间中某一点重合,根据此时的机械臂关节角,再结合两机械臂的运动学方程和标定算法,即可算出两机械臂基坐标系之间的相对位置关系,完成双机械臂的初始位置标定。根据两基座坐标系相对位姿关系,并结合坐标转换过程,工控机可以求解出在任一时刻,拾取铺放装置13的目标点,即拾取铺放装置13分别和芯模5表面、待铺放纤维片9的相对位姿关系。

[0066] 需要说明的是,也可以建立世界坐标系,将所述拾取机械臂6和调姿机械臂3执行末端坐标均在世界坐标系下表达,统一坐标系,以便提高计算效率。

[0067] 作为一种优选实施例,步骤3中,控机根据芯模5的stl文件对网格进行处理,求解出测地线作为铺放路径的基准,将测地线沿芯模5表面平移密化铺放路径,得到铺丝路径,在密化路径的基础上将每条路径再细化为段铺放路径,裁切的纤维片大小对应每个段铺放路径。亦可以将段铺放路径的中心点坐标定义控制点,纤维片中心点与控制点重合,即可使

得纤维片和段铺放路径完全贴合铺放。

[0068] 作为一种优选实施例,在步骤3中,记录每个控制点的法向量,定义一个铺丝点和铺丝点法向量;在步骤5中进行纤维铺放时,通过调姿机械臂3调整芯模5位姿,使得芯模5上的控制点按照铺丝路径依次到达铺丝点,并且位于铺丝点的当前控制点的法向量与铺丝点法向量重合;这样每次铺放时,拾取机械臂6只需要将通过拾取铺放装置13拾取的待铺放纤维片9按照统一姿态移动至某一个固定位置(比如铺放位置 $P_m(t_i)$)即可,拾取机械臂6每次到达待铺放纤维片9的指定位置 $P_m(t_0)$ 拾取,然后到达指定铺放位置 $P_m(t_i)$,极大简化了动作路径,充分利用了拾取机械臂6拾取纤维片的时间来调整芯模5的位姿,大大提高了铺放效率;并且由于通过对芯模5位姿调整,可以保证每次铺放时,拾取铺放装置13大致与芯模5表面待铺放点表面垂直,使得纤维片铺放时受到均一的接触力压力,大大提高了铺放质量。

[0069] 作为一种优选实施例,芯模5表面可以进行多层纤维片铺丝,即可以采用铺完一层厚再刷粘结剂铺放下一层的方式;比如上下两侧纤维片刚好错开方式,能够提高纤维热压成型后产品质量。

[0070] 作为一种优选实施例,所述拾取机械臂6和调姿机械臂3均为串联机械臂,均具备六个或六个以上转动轴,机械臂末端工作面具备六个自由度。

[0071] 作为一种优选实施例,根据不同芯模5曲率大小选择不同尺寸的纤维片,对于曲率小,表面尺寸变化较为平缓的芯模5,可以采用较大尺寸的纤维片,同时选择较大加热板17的拾取头;对于曲率比较大,表面形状变化大的芯模5,可以采用较小尺寸的纤维片,对应的,时选择较小加热板17的拾取头。

[0072] 以上实施方式仅用于说明本发明,而非对本发明的限制。尽管参照实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,对本发明的技术方案进行各种组合、修改或者等同替换,都不脱离本发明技术方案的精神和范围,均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

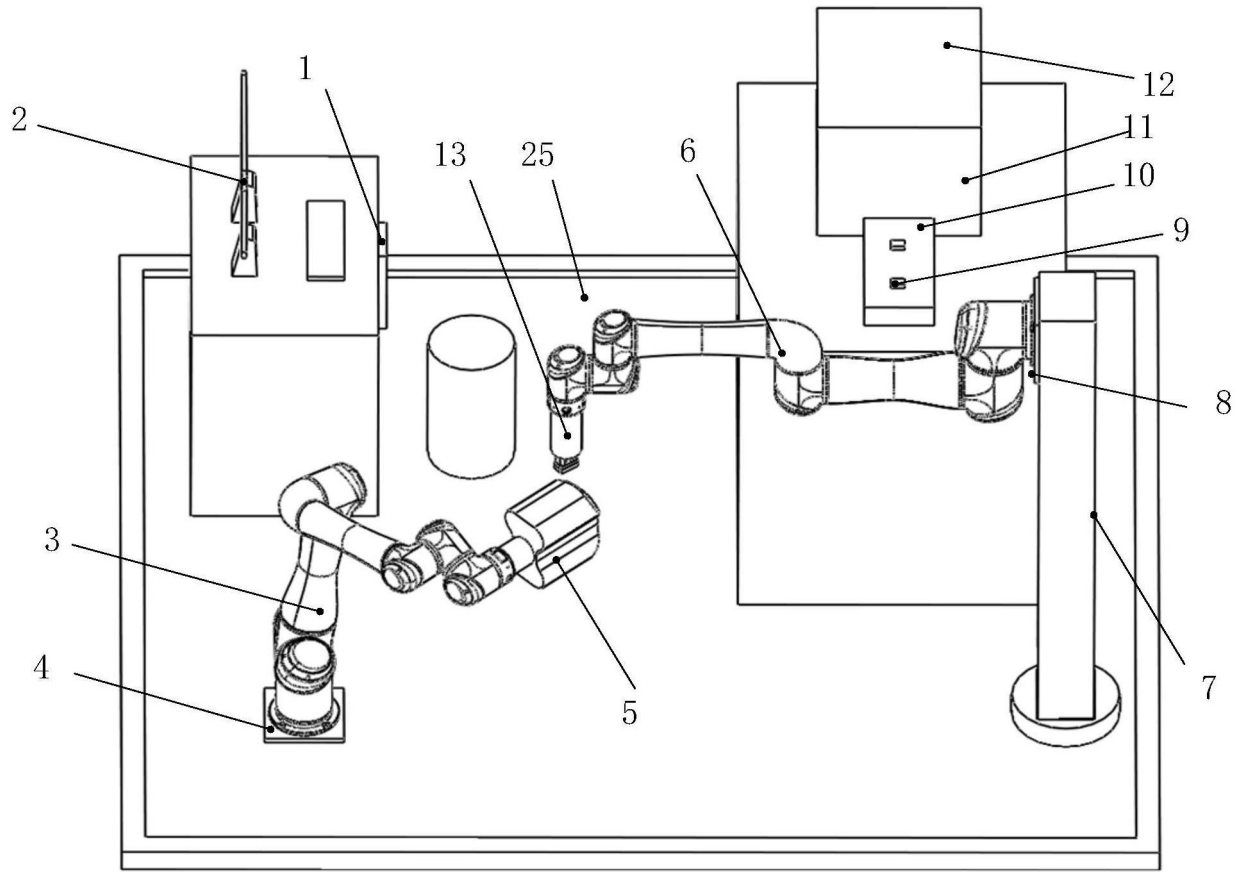


图1

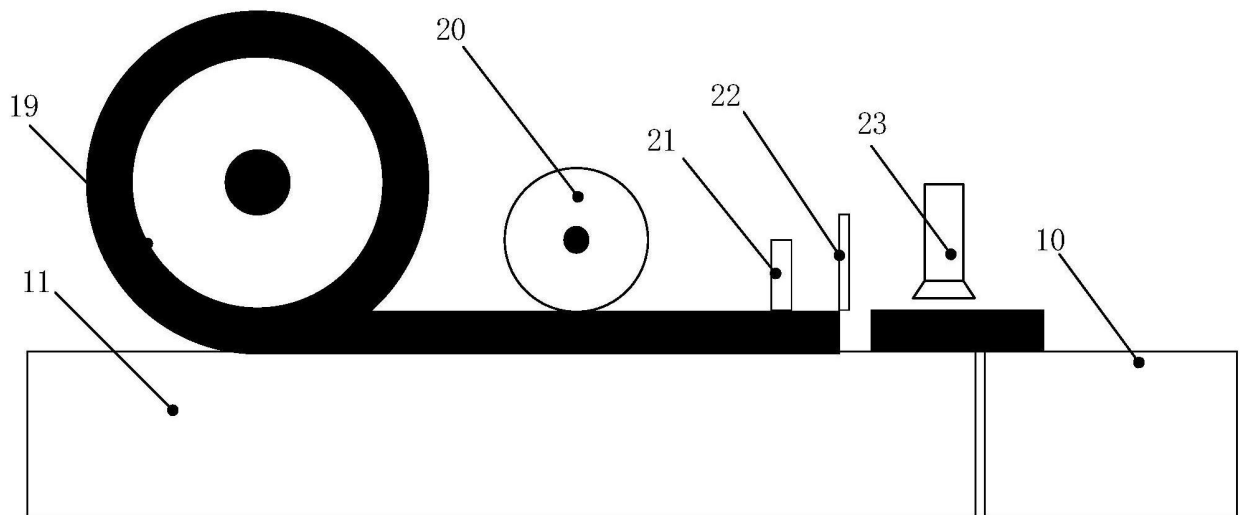


图2

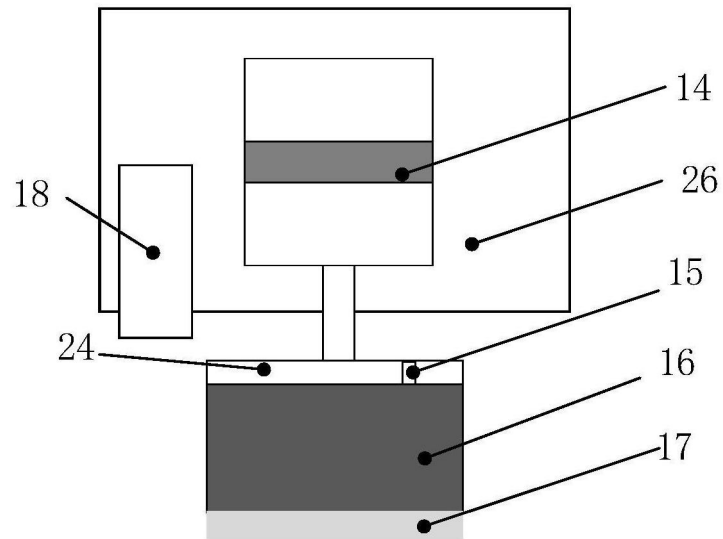


图3

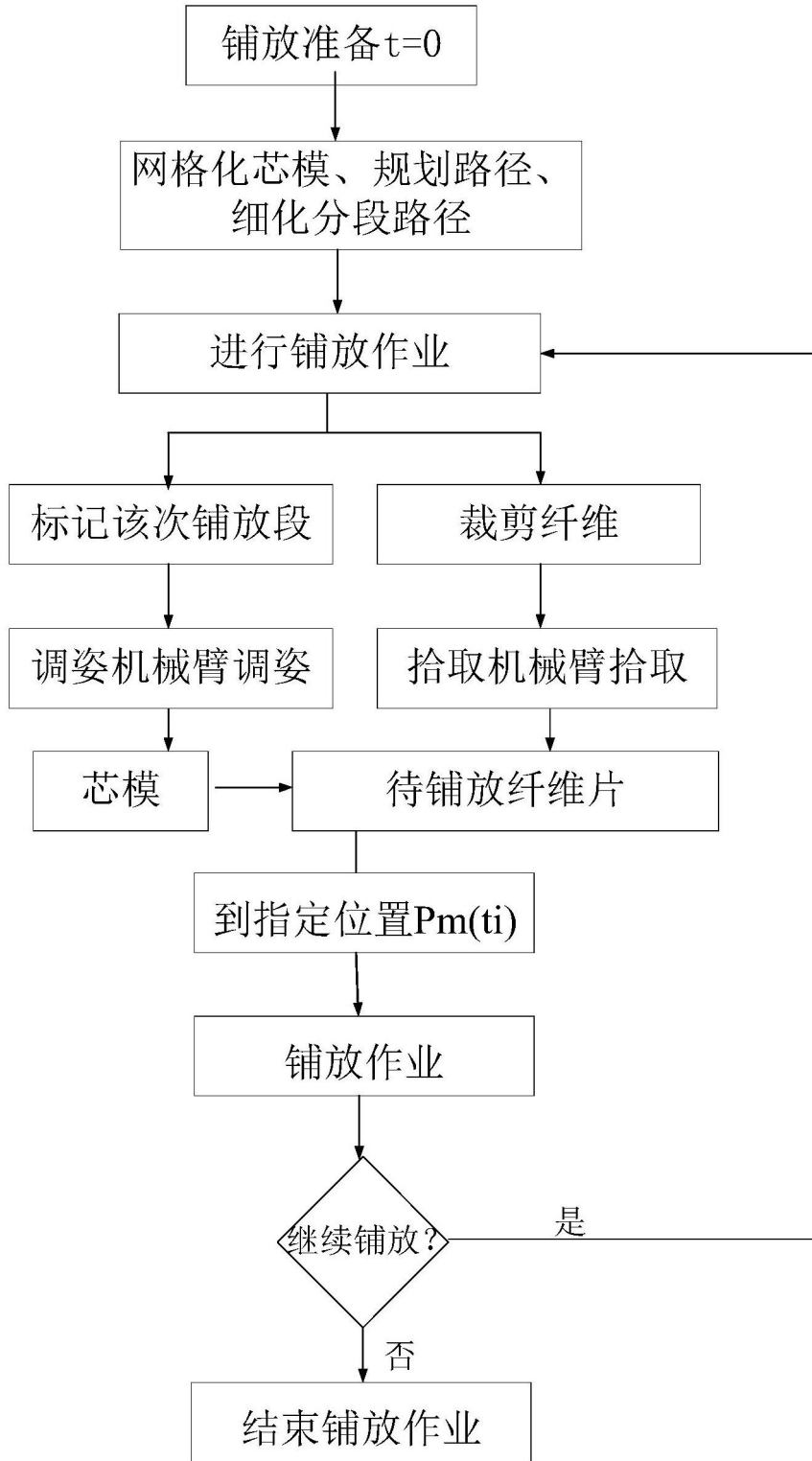


图4

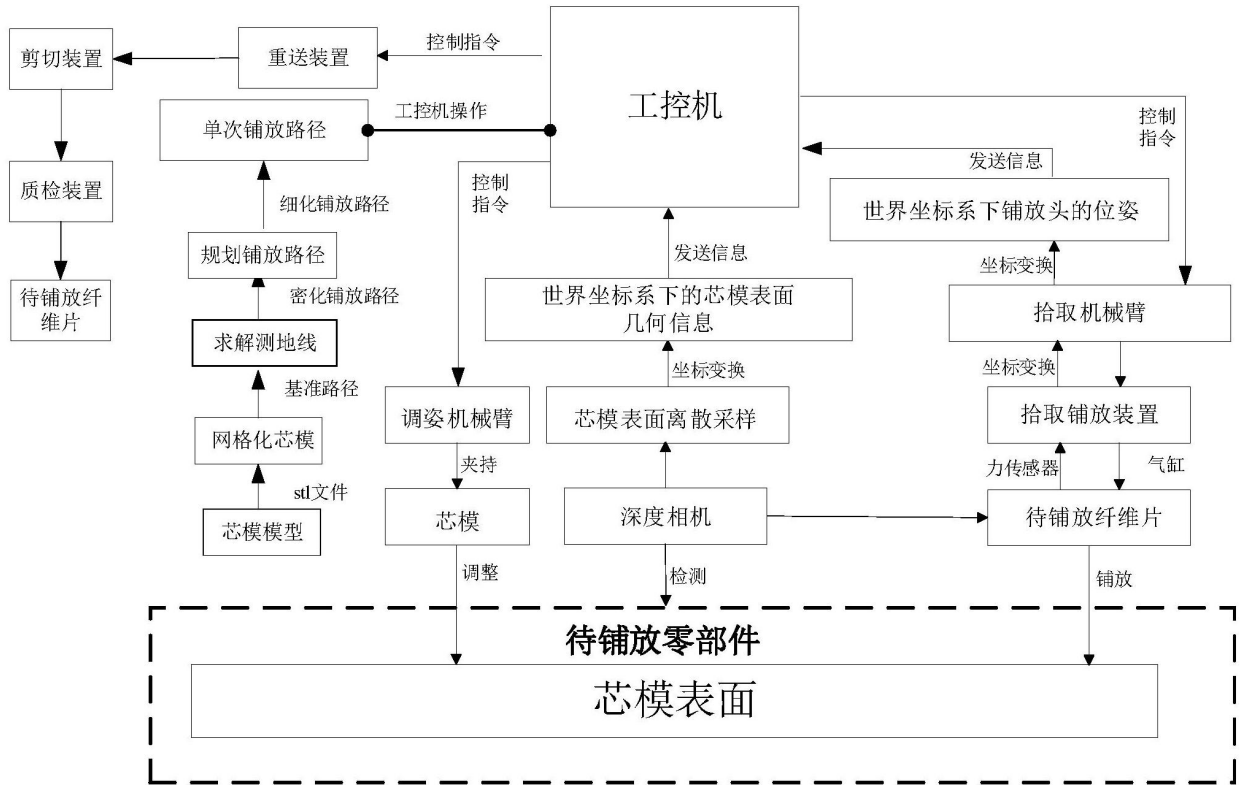


图5