



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114347038 A

(43) 申请公布日 2022.04.15

(21) 申请号 202210147852.8

(22) 申请日 2022.02.17

(71) 申请人 西安建筑科技大学

地址 710055 陕西省西安市碑林区雁塔路
13号

(72) 发明人 孟月波 黄琪 韩九强 徐胜军
刘光辉

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

代理人 张宇鸽

(51) Int. Cl.

B25J 9/16 (2006.01)

B25J 9/00 (2006.01)

B23K 37/02 (2006.01)

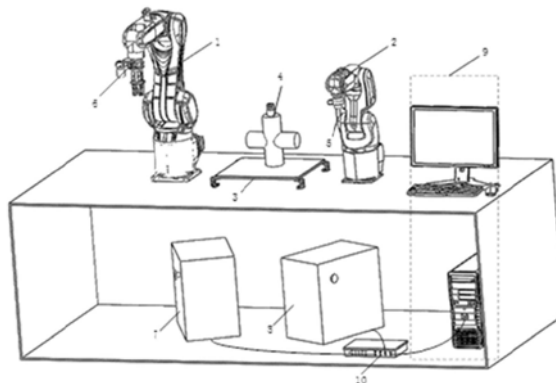
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种交汇管道双臂协作焊接机器人及控制系统

(57) 摘要

本发明公开了一种交汇管道双臂协作焊接机器人及控制系统,包括抓取机器人、焊接机器人,视觉采集模块设置在抓取机器人的活动端,焊枪设置在焊接机器人的活动端;本发明控制系统通过视觉采集模块进行图像处理获取抓取点坐标,抓取控制模块控制抓取机器人抓取交汇管道,利用轨迹生成模块得到管道焊接的最优路径,轨迹生成模块控制焊接机器人进行管道焊接,实现在无人操作的情况下,高质量完成管道焊接任务,大大的提高了焊接的效率,减少了人力的投入。



1. 一种交汇管道双臂协作焊接机器人,其特征在于,包括抓取机器人(1)、焊接机器人(2),设置在抓取机器人(1)和焊接机器人(2)中间的试验台面(3)用于放置交汇管道(4),视觉采集模块(6)设置在抓取机器人(1)的活动端,焊枪(5)设置在焊接机器人(2)的活动端,所述视觉采集模块(6)包括工业相机(13)、光源(14)。

2. 根据权利要求1所述的一种交汇管道双臂协作焊接机器人,其特征在于,所述工业相机(13)和光源(14)均通过相机辅助架(16)与抓取机器人(1)连接。

3. 根据权利要求1所述的一种交汇管道双臂协作焊接机器人,其特征在于,所述抓取机器人(1)活动端设置有可拆分的快换公盘(11)和快换母盘(12),视觉采集模块(6)通过快换公盘(11)与抓取机器人(1)的活动端连接,末端执行器(15)通过快换母盘(12)与抓取机器人(1)的活动端连接。

4. 权利要求1-3中任一项所述的一种交汇管道双臂协作焊接机器人的控制系统,其特征在于,包括视觉采集模块(6),抓取控制模块(7)、轨迹生成模块和焊接控制模块(8),其中:

所述视觉采集模块(6)用于获取交汇管道(4)的抓取点像素坐标,将抓取点像素坐标通过相机坐标-机器人坐标转换得到抓取机器人(1)基坐标系下交汇管道(4)抓取点坐标,并将抓取点坐标传输至抓取控制模块(7);

所述抓取控制模块(7)用于根据交汇管道(4)抓取点坐标得到抓取机器人(1)各个关节角度,根据得的关节角度控制抓取机器人(1)的末端执行器(15)抓取交汇管道(4);

所述轨迹生成模块用于根据交汇管道(4)三维模型上缝隙处曲面的三角面片获得管道焊接仿真曲线,并对管道焊接仿真曲线轨迹点进行机器人管道焊接仿真轨迹点后置代码转换,得到焊接机器人(2)的焊接运动控制指令集,并将焊接运动控制指令集传输至抓取控制模块(7)和焊接控制模块(8);

所述焊接控制模块(8)用于根据焊接运动控制指令集控制焊接机器人(2)的焊枪(5)完成对交汇管道(4)缝隙处的焊接,抓取控制模块(7)用于根据焊接运动控制指令集控制抓取机器人(1)配合焊接机器人(2)实现交汇管道(4)缝隙处的焊接。

5. 根据权利要求4所述的控制系统,其特征在于,所述视觉采集模块(6)通过YOLO目标检测网络输出交汇管道(4)图像的检测边界框,将边界框中心点作为交汇管道(4)抓取点像素坐标。

6. 根据权利要求4所述的控制系统,其特征在于,视觉采集模块(6)中相机坐标-机器人坐标转换公式为:

$$\begin{bmatrix} X_{robot} \\ Y_{robot} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{cam2robot} & T_{cam2robot} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{cam} \\ Y_{cam} \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中 (X_{cam}, Y_{cam}) 为图像中交汇管道抓取点坐标; (X_{robot}, Y_{robot}) 为机器人基坐标系下交汇管道抓取点坐标; $R_{cam2robot}, T_{cam2robot}$ 为图像坐标系和机器人坐标间的旋转矩阵和平移矩阵。

7. 根据权利要求4所述的控制系统,其特征在于,所述轨迹生成模块中管道焊接仿真轨迹曲线生成的具体步骤如下:

1) 获取在焊接机器人(2)基坐标系下交汇管道(4)缝隙处曲面的三角面片STL格式数

据；

- 2) 对三角面片进行分层切片处理,获取切片平面上的交点集合作为仿真轨迹轮廓;
- 3) 采用圆弧插补对仿真轨迹轮廓的轨迹点进行插值,生成管道焊接仿真轨迹曲线。

8. 根据权利要求7所述的控制系统,其特征在于,步骤2)中,对交点进行法向矢量估计,作为插值方向。

9. 根据权利要求4所述的控制系统,其特征在于,所述轨迹生成模块中机器人管道焊接仿真轨迹点后置代码转换的具体步骤为:

- 1) 获取管道焊接仿真曲线轨迹点姿态信息;
- 2) 对管道焊接仿真曲线轨迹点姿态信息进行欧拉角变换,得到后置轨迹点位姿信息;
- 3) 将后置轨迹点位姿信息转换为焊接运动控制指令集。

10. 根据权利要求9所述的控制系统,其特征在于,所述管道焊接仿真曲线轨迹点姿态信息为焊接机器人(2)基坐标系和焊接机器人(2)的末端执行器(15)坐标系间的旋转矩阵。

一种交汇管道双臂协作焊接机器人及控制系统

技术领域

[0001] 本发明属于智能制造与机器人技术领域,具体属于一种交汇管道双臂协作焊接机器人及控制系统。

背景技术

[0002] 智能制造是先进传感、仪器、监测、控制和过程优化的技术和实践的组。它们将信息和通信技术与制造环境融合在一起,实现工厂和企业中能量、生产率、成本的实时管理。

[0003] 随着智能制造理念的迅速发展,推动了数控机械加工的进步与发展,将计算机应用到焊接设备成为了新的发展方向,提高管道焊接技术的科技化和智能化也随之成为下一步要求。当前,在大多数工厂中通常采用手工焊接方式完成管道交汇缝隙处焊接。由于交汇管道焊缝比较复杂,一般都是由具有熟练技巧和丰富经验的工人来完成,并且需要花费大量时间和精力,远远满足不了生产要求。

发明内容

[0004] 为了解决现有技术中存在的当前管道焊接低效率,低精度和对操作人员的技术有很高的要求等问题,本发明提供一种交汇管道双臂协作焊接机器人及控制系统,实现在无人操作的情况下,高质量完成管道焊接任务。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:一种交汇管道双臂协作焊接机器人,包括抓取机器人、焊接机器人,设置在抓取机器人和焊接机器人中间的试验台面用于放置交汇管道,视觉采集模块设置在抓取机器人的活动端,焊枪设置在焊接机器人的活动端。

[0006] 进一步的,所述视觉采集模块包括工业相机、光源,所述工业相机和光源均通过相机辅助架与抓取机器人连接。

[0007] 进一步的,所述抓取机器人活动端设置有可拆分的快换公盘和快换母盘,视觉采集模块通过快换公盘与抓取机器人的活动端连接,末端执行器通过快换母盘与抓取机器人的活动端连接。

[0008] 本发明还提供一种交汇管道双臂协作焊接机器人的控制系统,包括视觉采集模块,抓取控制模块、轨迹生成模块和焊接控制模块,其中:

[0009] 所述视觉采集模块用于获取交汇管道的抓取点像素坐标,将抓取点像素坐标通过相机坐标-机器人坐标转换得到抓取机器人基坐标系下交汇管道抓取点坐标,并将抓取点坐标传输至抓取控制模块;

[0010] 所述抓取控制模块用于根据交汇管道抓取点坐标得到抓取机器人各个关节角度,根据得的关节角度控制抓取机器人的末端执行器抓取交汇管道;

[0011] 所述轨迹生成模块用于根据交汇管道三维模型上缝隙处曲面的三角面片获得管道焊接仿真曲线,并对管道焊接仿真曲线轨迹点进行机器人管道焊接仿真轨迹点后置代码转换,得到焊接机器人的焊接运动控制指令集,并将焊接运动控制指令集传输至抓取控制

模块和焊接控制模块；

[0012] 所述焊接控制模块用于根据焊接运动控制指令集控制焊接机器人的焊枪完成对交汇管道缝隙处的焊接,抓取控制模块用于根据焊接运动控制指令集控制抓取机器人配合焊接机器人实现交汇管道缝隙处的焊接。

[0013] 进一步的,所述视觉采集模块通过YOLO目标检测网络输出交汇管道图像的检测边界框,将边界框中心点作为交汇管道抓取点像素坐标。

[0014] 进一步的,视觉采集模块中相机坐标-机器人坐标转换公式为:

$$[0015] \quad \begin{bmatrix} X_{robot} \\ Y_{robot} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{cam2robot} & T_{cam2robot} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{cam} \\ Y_{cam} \\ 1 \end{bmatrix}$$

[0016] 其中 (X_{cam}, Y_{cam}) 为图像中交汇管道抓取点坐标; (X_{robot}, Y_{robot}) 为机器人基坐标系下交汇管道抓取点坐标; $R_{cam2robot}, T_{cam2robot}$ 为图像坐标系和机器人坐标间的旋转矩阵和平移矩阵。

[0017] 进一步的,所述轨迹生成模块中管道焊接仿真轨迹曲线生成的具体步骤如下:

[0018] 1) 获取在焊接机器人基坐标系下交汇管道缝隙处曲面的三角面片STL格式数据;

[0019] 2) 对三角面片进行分层切片处理,获取切片平面上的交点集合作为仿真轨迹轮廓;

[0020] 3) 采用圆弧插补对仿真轨迹轮廓的轨迹点进行插值,生成管道焊接仿真轨迹曲线。

[0021] 进一步的,步骤2)中,对交点进行法向矢量估计,作为插值方向。

[0022] 进一步的,所述轨迹生成模块中机器人管道焊接仿真轨迹点后置代码转换的具体步骤为:

[0023] 1) 获取管道焊接仿真曲线轨迹点姿态信息;

[0024] 2) 对管道焊接仿真曲线轨迹点姿态信息进行欧拉角变换,得到后置轨迹点位姿信息;

[0025] 3) 将后置轨迹点位姿信息转换为焊接运动控制指令集。

[0026] 进一步的,所述管道焊接仿真曲线轨迹点姿态信息为焊接机器人基坐标系和焊接机器人的末端执行器坐标系间的旋转矩阵。

[0027] 与现有技术相比,本发明至少具有以下有益效果:

[0028] 本发明的一种交汇管道双臂协作焊接机器人,增加了视觉采集模块进而不再限制交汇管道的摆放位置和姿态,在抓取机器人和焊接机器人的协同配合下,完成交汇管道缝隙处的焊接工作,本发明替代采用手工焊接方式完成交汇管道缝隙处的焊接,大大的提高了焊接的效率,减少了人力的投入。

[0029] 本发明交汇管道双臂协作焊接机器人的控制系统,设计了一种视觉抓取装置,集成相机,光源和末端夹具,通过更换末端夹具,利用视觉定位算法对任意形状的管道均能实现精准抓取;通过视觉采集模块进行图像处理获取抓取点坐标,抓取控制模块控制抓取机器人抓取交汇管道,利用轨迹生成模块得到管道焊接的最优路径,轨迹生成模块控制焊接机器人进行管道焊接,相比于大部分示教器编程的管道焊接机器人,效率更高,安全性更好;并将机器人管道焊接仿真轨迹曲线生成和机器人管道焊接仿真轨迹点后置代码转换结

合,采用仿真规划管道焊接轨迹曲线进行可行性实验,避免出现机器人出现轴超限,碰撞等问题,充分体现了机器人的协调配合能力和智能化。

附图说明

[0030] 图1为交汇管道双臂协作焊接机器人控制系统硬件结构图;

[0031] 图2为视觉采集模块结构图;

[0032] 图3为交汇管道双臂协作焊接机器人控制系统流程图;

[0033] 图4为交汇管道视觉抓取模块流程图;

[0034] 图5为焊枪结构图;

[0035] 图6为焊接仿真轨迹图。

[0036] 附图中:1-抓取机器人、2-焊接机器人、3-试验台面、4-交汇管道、5-焊枪、6-视觉采集模块、7-抓取控制模块、8-焊接控制模块、9-计算机、10-交换器、11-快换公盘、12-快换母盘、13-工业相机、14-光源、15-末端执行器、16-相机辅助架。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步的说明。

[0038] 如图1所示,本发明提供一种交汇管道双臂协作焊接机器人,包括具有视觉采集模块6的抓取机器人1、焊接机器人2、试验台面3和焊枪5,试验台面3设置在抓取机器人1和焊接机器人2中间用于放置交汇管道4,视觉采集模块设置在抓取机器人1的活动端,焊枪5设置在焊接机器人2的活动端。

[0039] 优选的,如图1和2所示,视觉采集模块6包括工业相机13、光源14,工业相机13和光源14均通过相机辅助架16与抓取机器人1连接;

[0040] 抓取机器人1的活动端设置有快换公盘11和快换母盘12,相机辅助架16通过快换公盘11与抓取机器人1的活动端连接,末端执行器15通过快换母盘12与抓取机器人1的活动端连接。因快换公盘11和快换母盘12可拆分,针对不同形状的交汇管道4,通过更换末端执行器15实现抓取。

[0041] 优选的,使用时,将交汇管道4放置于试验台面3上,保证工业相机13成像平面和交汇管道4上表面平行。

[0042] 优选的,焊枪5结构如图5所示,安装于工业机器人2活动端的正下方,用于交汇管道中交汇缝隙处的焊接。

[0043] 如图4所示,本发明的一种交汇管道双臂协作焊接机器人控制系统,包括视觉采集模块6,抓取控制模块7、轨迹生成模块和焊接控制模块8,其中,

[0044] 1) 如图4所示,视觉采集模块6用于获取交汇管道4的图像,根据交汇管道4的图像获取交汇管道4的抓取点像素坐标,通过相机坐标-机器人坐标转换,得到抓取机器人1基坐标系下交汇管道4抓取点坐标,并将抓取点坐标传输至抓取控制模块7;

[0045] 优选的,通过YOLO目标检测网络输出交汇管道4图像的检测边界框,将边界框中心点作为交汇管道抓取点像素坐标;

[0046] 优选的,相机坐标-机器人坐标转换公式为:

$$[0047] \quad \begin{bmatrix} X_{robot} \\ Y_{robot} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{cam2robot} & T_{cam2robot} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{cam} \\ Y_{cam} \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

[0048] 其中 (X_{cam}, Y_{cam}) 为图像中交汇管道抓取点坐标; (X_{robot}, Y_{robot}) 为机器人基坐标系下交汇管道抓取点坐标; $R_{cam2robot}, T_{cam2robot}$ 为图像坐标系和机器人坐标间的旋转矩阵和平移矩阵。

[0049] 2) 抓取控制模块7用于根据交汇管道4抓取点坐标,通过机器人逆运动学得到抓取机器人1各个关节角度,控制抓取机器人1的末端执行器15抓取交汇管道4并调整交汇管道4抓取姿态,抓取机器人1的末端执行器15运动至实验台面3上方;

[0050] 3) 轨迹生成模块用于根据交汇管道4三维模型上缝隙处曲面的三角面片获得管道焊接仿真曲线,并对管道焊接仿真曲线轨迹点进行机器人管道焊接仿真轨迹点后置代码转换,得到抓取机器人1和焊接机器人2的后置轨迹点,并将后置轨迹点传输至抓取控制模块7和焊接控制模块8;

[0051] 4) 焊接控制模块8用于根据后置轨迹点控制焊接机器人2的焊接端完成对交汇管道4缝隙处的焊接;抓取控制模块7用于根据后置轨迹点控制抓取机器人1配合焊接机器人2实现交汇管道4缝隙处的焊接。

[0052] 5) 抓取控制模块7、焊接控制模块8通过交换机10实现与计算机9的连接,固定抓取机器人1、焊接机器人2和计算机9的IP地址,建立局域网通信,抓取实现控制模块7、焊接控制模块8与计算机9之间的信息交互。

[0053] 一种交汇管道双臂协作焊接机器人控制系统流程图如图3下所示:

[0054] 1. 视觉采集模块6生成抓取点坐标并发送至抓取控制模块7,抓取控制模块7控制抓取机器人1抓取交汇管道4,调整于试验台面3上方,将交汇管道4抓取位姿信息,记为 $(x, y, z, \theta_1, \theta_2, \theta_3)$ 。

[0055] 2. 将交汇管道4的CAD模型导入轨迹生成模块中,并生成三角面片STL模型,生成管道焊接仿真轨迹曲线。

[0056] 优选的,管道焊接仿真轨迹曲线生成,具体步骤如下:

[0057] 步骤1:利用CAD技术建立交汇管道4和焊接机器人2的三维模型,获取在焊接机器人2基坐标系下交汇管道缝隙处曲面的三角面片STL格式数据。

[0058] 步骤2:对三角面片进行分层切片处理,获取切片平面上的交点集合作为仿真轨迹轮廓;对交点进行法向矢量估计,作为插值方向。

[0059] 步骤3:采用圆弧插补对仿真轨迹轮廓的轨迹点插值,生成管道焊接仿真轨迹曲线,作为焊接机器人2活动端焊枪5的运动轨迹曲线,仿真轨迹曲线如图6所示。

[0060] 3. 轨迹生成模块根据管道焊接仿真曲线轨迹后置生成焊接机器人2焊接端曲线后置轨迹点,同时将后置轨迹点封装为对应的管道焊接轨迹点运动控制指令集。

[0061] 优选的,后置轨迹点生成,具体步骤如下:

[0062] 步骤1:管道焊接仿真曲线轨迹点姿态信息为焊接机器人2基坐标系和焊接机器人

2末端执行器坐标系间的旋转矩阵,记为 $\begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{bmatrix}$,将管道焊接仿真曲线轨迹点坐标

信息,记为 (X, Y, Z) 。

[0063] 步骤2:通过欧拉角变换将旋转矩阵转为欧拉角。采用XYZ欧拉角变换计算公式为:

$$[0064] \quad \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_y C_z & C_z S_x S_y - C_x S_z & S_x S_z + C_x C_z S_y \\ C_y S_z & C_x C_z + S_x S_y S_z & C_x S_y S_z - C_z S_x \\ -S_y & C_y S_x & C_x C_y \end{bmatrix} \quad (2)$$

[0065] 其中, C_x 表示机器人末端执行器坐标系X轴方向与机器人基坐标系X轴方向夹角的余弦值; C_y 表示机器人末端执行器坐标系Y轴方向与机器人基坐标系Y轴方向夹角的余弦值; S_x 表示机器人末端执行器坐标系X轴方向与机器人基坐标系X轴方向夹角的正弦值; S_y 表示机器人末端执行器坐标系Y轴方向与机器人基坐标系Y轴方向夹角的正弦值。

[0066] 解得旋转矩阵对应的三个欧拉角,分别记为:

$$[0067] \quad \theta_x = \text{atan2}(R_{32}, R_{33}) \quad (3)$$

$$[0068] \quad \theta_y = \text{atan2}(-R_{31}, \sqrt{R_{32}^2 + R_{33}^2}) \quad (4)$$

$$[0069] \quad \theta_z = \text{atan2}(R_{21}, R_{11}) \quad (5)$$

[0070] 步骤3:将各个后置轨迹点位姿记为 $(X_i, Y_i, Z_i, \theta_{x_i}, \theta_{y_i}, \theta_{z_i})$,将后置轨迹点位姿信息转换为统一格式的焊接运动控制指令集,记为 $(\text{MoveL}, X_i, Y_i, Z_i, \theta_{x_i}, \theta_{y_i}, \theta_{z_i})$ 。

[0071] 4.管道焊接运动控制指令集传输至抓取控制模块7和焊接控制模块8,抓取控制模块7和焊接控制模块8分别控制抓取机器人1和焊接机器人2完成交汇管道4的焊接任务。

[0072] 优选的,通信传输过程和焊接过程为:

[0073] 以抓取机器人1和焊接机器人2作为客户端,计算机9作为服务器端,通过计算机9分别与抓取机器人1和焊接机器人2之间建立基于TCP协议的Socket通信,并设置通信轨迹点指令,当前线程在运行中,遇到通信轨迹点指令则先启动另外一个线程,并停止当前线程,来实现两通信线程并发,完成计算机9、抓取机器人1和焊接机器人2之间的通信搭建。

[0074] 将焊接运动控制指令集传输至抓取控制模块7、焊接控制模块8中,控制焊接机器人2活动端的焊枪5对交汇管道4上表面的缝隙处曲面进行焊接,完成后执行通信轨迹点指令,焊接机器人2停止工作,计算机发送轨迹点指令,记为 $(\text{MoveL}, x, y, z, \theta_1+180, \theta_2, \theta_3)$ 传输至抓取控制模块7控制抓取机器人1的末端执行器15将交汇管道4旋转 180° ,重复执行焊接运动控制指令集,对交汇管道4下表面的缝隙处曲面完成焊接。

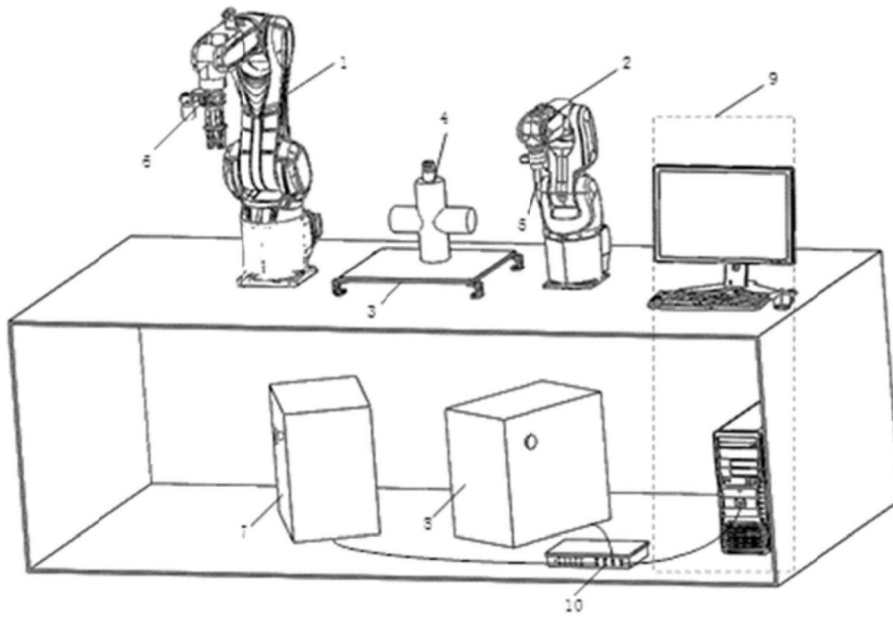


图1

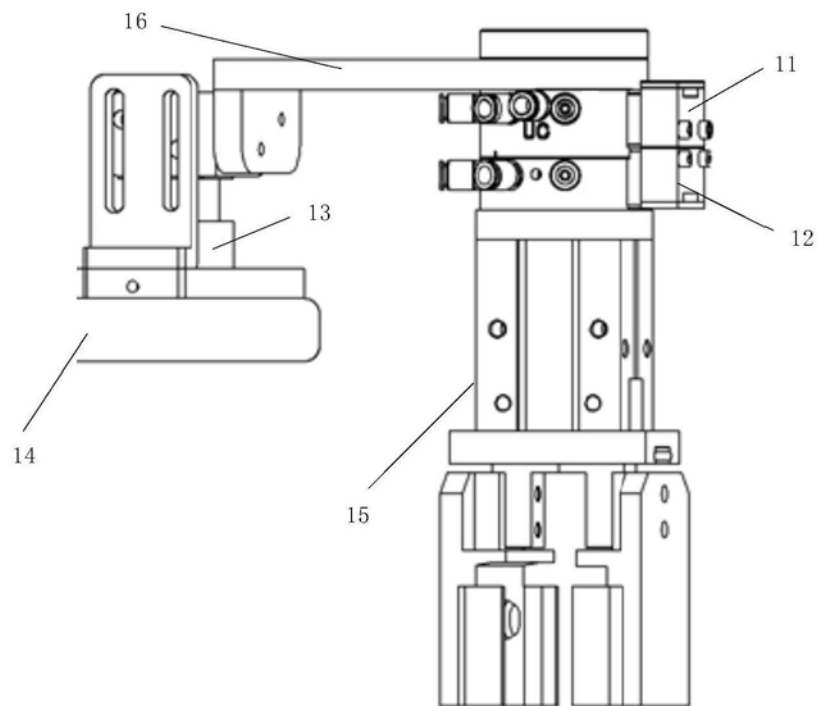


图2

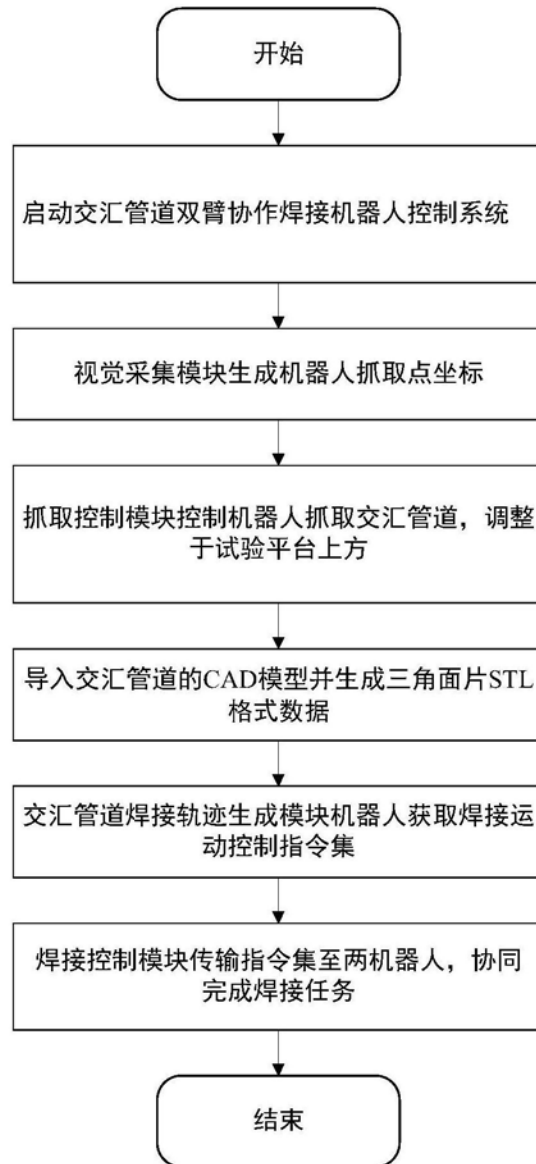


图3

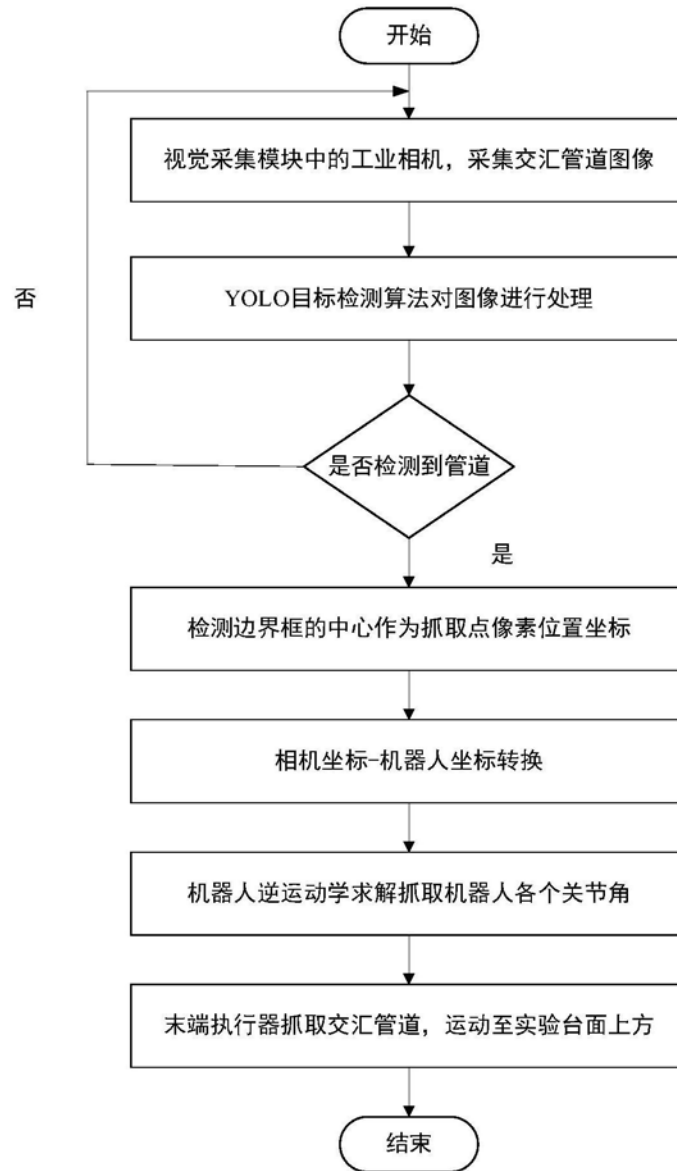


图4

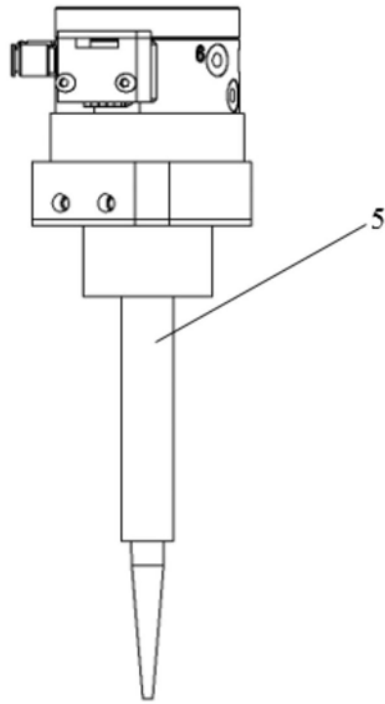


图5

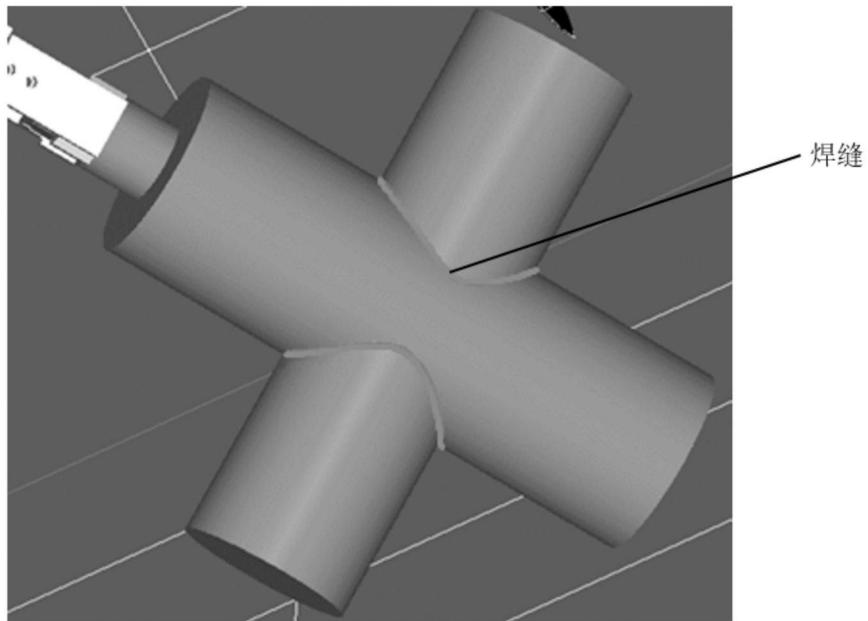


图6