



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115719380 A

(43) 申请公布日 2023. 02. 28

(21) 申请号 202211483736.X

(22) 申请日 2022.11.24

(71) 申请人 浙江大学台州研究院

地址 318000 浙江省台州市市府大道西段
618号

(72) 发明人 潘凌锋 陈浙泊 林建宇 陈一信
陈龙威 余建安 陈镇元 张一航
叶雪旺 吴荻苇

(74) 专利代理机构 杭州天昊专利代理事务所
(特殊普通合伙) 33283

专利代理师 董世博

(51) Int. Cl.

G06T 7/73 (2017.01)

G06T 7/13 (2017.01)

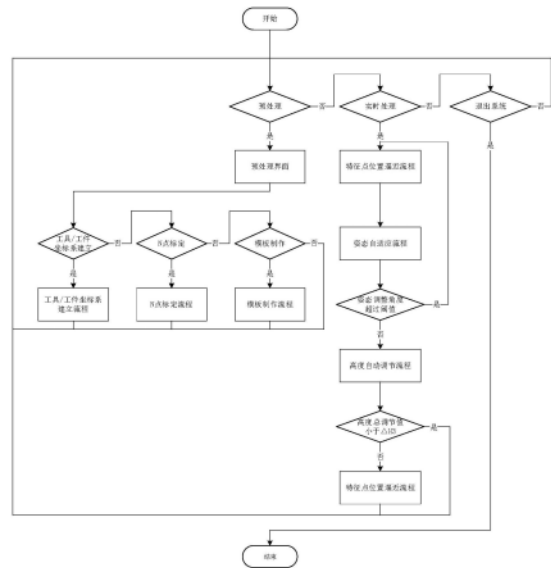
权利要求书4页 说明书16页 附图7页

(54) 发明名称

一种视觉机器人融合方法

(57) 摘要

本发明公开了一种视觉机器人融合方法，旨在克服现有技术中定位不准确的问题，它包括工件坐标系和工具坐标系建立流程、N点标定流程、模板制作流程、特征图像处理流程、姿态自适应流程和高度自动调节流程。



1. 一种视觉机器人融合方法,其特征在于,包括如下步骤:

工件坐标系和工具坐标系建立流程:建立工件坐标系和工具坐标系流程,其中,工具坐标系包括TCP位置;

N点标定流程:建立图像坐标系和机器人物理坐标系之间的转换矩阵,其中,N为正整数;

模板制作流程:调整二维相机对特征图案的拍摄位姿,触发二维相机拍照并获取图像,对图像进行处理得到特征图案的像素轮廓,将特征图案的像素轮廓作为定位模板,对定位模板进行计算得到定位模板物理几何参数,其中,特征图案包括特征点和特征线段;

特征点位置逼近流程:将特征图案设置在工件上,触发相机拍照并获取图像,对图像执行特征图像处理流程得到特征轮廓物理几何参数,控制相机在机器人物理坐标系X轴和Y轴上平移使得特征轮廓物理几何参数逼近定位模板物理几何参数;

特征图像处理流程:对图像进行处理得到特征轮廓,判断特征轮廓和定位模板是否相匹配,若是则根据特征轮廓计算得到特征轮廓物理几何参数,若否则重新调整二维相机对特征图案的拍摄位姿、触发二维相机拍照并获取图像,其中,特征轮廓为特征图案的像素轮廓;

姿态自适应流程:分别控制二维相机绕机器人物理坐标系X轴、Y轴和Z轴旋转使得特征轮廓物理几何参数逼近定位模板物理几何参数;

高度自动调节流程:控制二维相机在机器人物理坐标系Z轴上平移使得特征轮廓物理几何参数逼近定位模板物理几何参数。

2. 根据权利要求1所述的一种视觉机器人融合方法,其特征在于,所述工件坐标系和工具坐标系建立流程,具体包括如下步骤:

步骤111:建立工具坐标系并确定TCP位置,将TCP位置设置在视觉中心点上,其中,视觉中心指的是二维相机镜头下端面中心;

步骤112:通过工件坐标系确定机器人的工作面,工件坐标系的XY平面建立在加工面上,其中,加工面为特征图案上的切面,加工面和特征图案的公共点为特征点。

3. 根据权利要求1所述的一种视觉机器人融合方法,其特征在于,所述N点标定流程,具体包括如下流程:

步骤121:将TCP位置设置在视觉中心上;

步骤122:控制二维相机正对于加工面,控制物距达到设定值;

步骤123:在加工面上设置N个标定点,N个标定点的物理坐标分别为 (X_1, Y_1, Z_1) 、 $(X_2, Y_2, Z_2) \cdots (X_N, Y_N, Z_N)$,控制TCP移动至N个标定点上并获取标定图像,根据标定图像确定TCP在N标定点上的像素坐标,TCP在N标定点上的像素坐标分别为 (x_1, y_1) 、 $(x_2, y_2) \cdots (x_N, y_N)$;

步骤124:根据N个标定点的物理坐标和TCP在N标定点上的像素坐标代入如下公式并根据最小二乘法计算得到转换矩阵:

$$\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix},$$

式中,转换矩阵为 $\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \end{bmatrix}$,a、d、b和e分别为旋转分量,c和f分别为平移分量。

4. 根据权利要求1所述的一种视觉机器人融合方法,其特征在于,所述模板制作流程,具体包括如下步骤:

步骤131:调整二维相机对特征图案的拍摄位姿,触发二维相机拍照并获取图像,其中,特征图案包括特征点和特征线段;

步骤132:获取特征图案的像素轮廓,将特征图案的像素轮廓作为定位模板;

步骤133:根据定位模板计算得到定位模板像素几何参数,通过转换矩阵将定位模板像素几何参数转换为定位模板物理几何参数,其中,定位模板几何参数包括特征点的位置参数和特征线段的尺寸参数。

5. 根据权利要求1所述的一种视觉机器人融合方法,其特征在于,所述特征点位置逼近流程,具体包括如下步骤:

步骤211:将特征图案设置在工件上,将工件定位在工作台上;

步骤212:触发二维相机拍照并获取图像;

步骤213:对图像执行特征图像处理流程得到特征轮廓物理几何参数;

步骤214:根据定位模板物理几何参数和特征轮廓物理几何参数计算得到偏移量,其中,偏移量包括 ΔT_x 和 ΔT_y , ΔT_x 为在特征轮廓相对定位模板在机器人物理坐标系X轴上的偏移量, ΔT_y 为特征轮廓相对定位模板在机器人物理坐标系Y轴上的偏移量;

步骤215:判断 ΔT_x 是否小于阈值 ΔX_i ,若 ΔT_x 不小于阈值 ΔX_i 则判断 ΔT_x 是否超过阈值 T_{X_i} ,若 ΔT_x 超过阈值 T_{X_i} 则控制二维相机在机器人物理坐标系X轴上平移至 ΔT_x 不超过阈值 T_{X_i} ,若 ΔT_x 不超过阈值 T_{X_i} 则控制二维相机在机器人物理坐标系X轴上迭代平移 $\frac{1}{4}T_{X_i}$ 的

距离直至 ΔT_x 小于 $\frac{1}{4}T_{X_i}$,若 ΔT_x 小于 $\frac{1}{4}T_{X_i}$ 时则控制二维相机在机器人物理坐标系X轴上平移 ΔT_x 的距离,其中,阈值 T_{X_i} 大于4倍的阈值 ΔX_i ;

步骤216:若 ΔT_x 小于阈值 ΔX_i 时则判断 ΔT_y 是否小于阈值 ΔY_i ,若 ΔT_y 不小于阈值 ΔY_i 则判断 ΔT_y 是否超过阈值 T_{Y_i} ,若 ΔT_y 超过阈值 T_{Y_i} 则控制二维相机在机器人物理坐标系Y轴上平移至 ΔT_y 不超过阈值 T_{Y_i} ,若 ΔT_y 不超过阈值 T_{Y_i} 则控制二维相机在机器人物理坐标系Y

轴上迭代平移 $\frac{1}{4}T_{Y_i}$ 的距离直至 ΔT_y 小于 $\frac{1}{4}T_{Y_i}$,若 ΔT_y 小于 $\frac{1}{4}T_{Y_i}$ 时则控制二维相机在机器人物理坐标系Y轴上平移 ΔT_y 的距离,其中,阈值 T_{Y_i} 大于4倍的阈值 ΔY_i 。

6. 根据权利要求1所述的一种视觉机器人融合方法,其特征在于,所述特征图像处理流程,具体包括如下步骤:

S11:视觉机器人系统根据Canny算法,提取图像中图案的边缘点;

S12:视觉机器人系统根据提取到的图案的边缘点生成图案轮廓,其中,图案轮廓由若

干边缘点构成；

S13:视觉机器人系统根据图案轮廓计算得到图案轮廓的边缘点数量和长宽比,判断图案轮廓的边缘点数量是否位于安全数量范围内以及图案轮廓的长宽比是否位于安全长宽比范围内,若是则保留相应的图案轮廓,若否则剔除相应的图案轮廓;

S14:视觉机器人系统判断保留下来的图案轮廓的一个边缘点和相邻的边缘点之间的差值是否位于梯度变化阈值时,若是则判定该边缘点为轮廓交点,判断图案轮廓的轮廓交点是否位于安全交点数范围内,若是则根据该图案轮廓的轮廓交点重新构建得到特征图案的轮廓;

S15:视觉机器人系统根据特征图案的轮廓计算得到特征图案像素几何参数,根据转换矩阵将特征图案像素几何参数转换为特征图案物理几何参数,判断特征图案像素几何参数和定位模板物理几何参数是否构成相似关系,若是则判定特征图案和定位模板匹配成功并将特征图案的轮廓作为特征轮廓,若否则判定特征图案和定位模板匹配不成功并重新调整二维相机对特征图案的拍摄位姿并获取图像。

7.根据权利要求1所述的一种视觉机器人融合方法,其特征在于,所述姿态自适应流程,具体包括如下步骤:

步骤221:触发二维相机拍照并获取图像;

步骤222:对图像执行特征图像处理流程得到特征轮廓物理几何参数;

步骤223:根据特征轮廓物理几何参数和定位模板物理几何参数计算得到偏移量,偏移量包括 θ_{z1} 、 θ_{x1} 和 θ_{y1} , θ_{z1} 为特征轮廓相对定位模板在机器人物理坐标系Z轴上的偏移角度, θ_{x1} 为特征轮廓相对定位模板在机器人物理坐标系X轴上的偏移角度, θ_{y1} 为特征轮廓相对定位模板在机器人物理坐标系Y轴上的偏移角度;

步骤224:判断 θ_{z1} 是否小于阈值 θ_z ,若否则控制二维相机绕机器人物理坐标系Z轴旋转直至小于阈值 θ_z ;

步骤225:若 θ_{z1} 小于阈值 θ_z 则判断 θ_{x1} 是否小于阈值 θ_x ,若 θ_{x1} 不小于阈值 θ_x 则判断 θ_{x1} 是否大于阈值 T_{θ_x} ,若 θ_{x1} 大于阈值 T_{θ_x} 则控制二维相机绕机器人物理坐标系X轴旋转至 θ_{x1} 不大于阈值 T_{θ_x} ,若 θ_{x1} 不大于阈值 T_{θ_x} 则控制二维相机绕机器人物理坐标系X轴迭代旋转 $\frac{1}{4}T_{\theta_x}$

的角度直至 θ_{x1} 小于 $\frac{1}{4}T_{\theta_x}$,若 θ_{z1} 小于 $\frac{1}{4}T_{\theta_x}$ 则控制二维相机绕机器人物理坐标系X轴旋转 θ_{x1} 的角度,其中,阈值 θ_x 大于4倍的阈值 T_{θ_x} ;

步骤226:若 θ_{x1} 小于阈值 θ_x 则执行特征点逼近流程,再判断 θ_{y1} 是否小于阈值 θ_y ,若 θ_{y1} 不小于阈值 θ_y 则判断 θ_{y1} 是否大于阈值 T_{θ_y} ,若 θ_{y1} 大于阈值 T_{θ_y} 则控制二维相机绕机器人物理坐标系Y轴旋转至 θ_{y1} 不大于阈值 T_{θ_y} ,若 θ_{y1} 不大于阈值 T_{θ_y} 则控制二维相机绕机器人物理

坐标系Y轴迭代旋转 T_{θ_y} 的角度直至 θ_{y1} 小于 $\frac{1}{4}T_{\theta_y}$,若 θ_{y1} 小于 $\frac{1}{4}T_{\theta_y}$ 则控制二维相机绕机器人物理坐标系Y轴旋转 θ_{y1} 的角度,其中,阈值 θ_y 大于4倍的阈值 T_{θ_y} ;

步骤227:若 θ_{y1} 小于阈值 θ_y 时则执行特征点位置逼近流程,记录机器人的当前姿态信息。

8.根据权利要求1所述的一种视觉机器人融合方法,其特征在于,所述高度自动调节流程,包括如下步骤:

步骤241:触发二维相机拍照并获取图像;

步骤242:对图像执行特征图像处理流程得到特征轮廓物理几何参数;

步骤243:根据特征轮廓物理几何参数和定位模板物理几何参数计算得到偏移量,偏移量包括 ΔH , ΔH 为特征轮廓相对定位模板的高度偏移量;

步骤244:判断 ΔH 是否小于阈值 $\Delta H1$,若 ΔH 小于阈值 $\Delta H1$ 则判断 ΔH 是否大于阈值 $\Delta H2$,若 ΔH 大于阈值 $\Delta H2$ 则控制二维相机在机器人物理坐标系Z轴上平移直至 ΔH 不大于阈值 $\Delta H2$,若 ΔH 不大于阈值 $\Delta H2$ 则控制二维相机在机器人物理坐标系Z轴上迭代平移 $\frac{1}{4}\Delta H2$ 的距离直至 ΔH 小于 $\frac{1}{4}\Delta H2$,若 ΔH 小于 $\frac{1}{4}\Delta H2$ 则控制二维相机在机器人物理坐标系Z轴上平移 ΔH 的距离,其中,阈值 $\Delta H2$ 大于4倍的阈值 $\Delta H1$ 。

一种视觉机器人融合方法

技术领域

[0001] 本发明属于机器视觉技术,特指一种视觉机器人融合方法。

背景技术

[0002] 机器人定位精度是衡量其工作性能的一个重要指标,目前,国内外厂家生成出来的视觉机器人由于制造、安装等因素,大多定位精度不高,无法满足高精度加工的需要,因此对引起机器人定位误差的各种因素进行分析,最大可能地提高机器人绝对定位精度已成为机器视觉技术的研究核心内容。

[0003] 目前,国内外常用的机器人标定方法通常借助外界先进的测量设备完成,但是这就导致了成本高、测量过程复杂以及需要专业人士操作的问题,同时在涉及坐标系转换过程中,容易引入坐标系转换误差,还导致了测量误差较大的问题。

[0004] 针对上述现状,本发明提出了一种视觉机器人融合方法,用以解决定位标定的问题。

发明内容

[0005] 为克服现有技术的不足及存在的问题,本发明提供一种视觉机器人系统及其融合方法。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 一方面,本发明提供了一种视觉机器人系统,用于执行工件坐标系和工具坐标系建立流程、执行模板制作流程、模板制作流程、特征点位置逼近流程、特征图像处理流程、姿态自适应流程和高度自动调节流程,系统包括:

[0008] 机器人,其包括执行机构;

[0009] 二维相机,其设置在执行机构的末端;

[0010] 工作台,其上用于定位工件;

[0011] 特征图案,其包括特征点和特征线段。

[0012] 作为优选,所述工件坐标系和工具坐标系建立流程包括视觉机器人系统建立工件坐标系和工具坐标系流程,其中,工具坐标系包括TCP位置。

[0013] 作为优选,所述N点标定流程包括视觉机器人系统建立图像坐标系和机器人物理坐标系之间的转换矩阵,其中,N为正整数。

[0014] 作为优选,所述模板制作流程包括视觉机器人系统调整二维相机对特征图案的拍摄位姿,触发二维相机拍照并获取图像,对图像进行处理得到特征图案的像素轮廓,将特征图案的像素轮廓作为定位模板,对定位模板进行计算得到定位模板物理几何参数,其中,特征图案包括特征点和特征线段。

[0015] 作为优选,所述特征点位置逼近流程包括视觉机器人系统将特征图案设置在工件上,触发相机拍照并获取图像,对图像执行特征图像处理流程得到特征轮廓物理几何参数,控制相机在机器人物理坐标系X轴和Y轴上平移使得特征轮廓物理几何参数逼近定位模板

物理几何参数。

[0016] 作为优选,所述特征图像处理流程包括视觉机器人系统对图像进行处理得到特征图案的轮廓,判断特征图案的轮廓和定位模板是否相匹配,若是则将特征图案的轮廓作为特征轮廓并根据特征轮廓计算得到特征轮廓物理几何参数,若否则重新调整二维相机对特征图案的拍摄位姿、触发二维相机拍照并获取图像,其中,特征轮廓为特征图案的像素轮廓。

[0017] 作为优选,所述姿态自适应流程包括视觉机器人系统分别控制二维相机绕机器人物理坐标系X轴、Y轴和Z轴旋转使得特征轮廓物理几何参数逼近定位模板物理几何参数。

[0018] 作为优选,所述高度自动调节流程包括视觉机器人系统控制二维相机在机器人物理坐标系Z轴上平移使得特征轮廓物理几何参数逼近定位模板物理几何参数。

[0019] 另一方面,本发明还提供了一种视觉机器人融合方法,采用上述的一种视觉机器人系统执行,包括如下步骤:

[0020] 工件坐标系和工具坐标系建立流程:建立工件坐标系和工具坐标系流程,其中,工具坐标系包括TCP位置;

[0021] N点标定流程:建立图像坐标系和机器人物理坐标系之间的转换矩阵,其中,N为正整数;

[0022] 模板制作流程:调整二维相机对特征图案的拍摄位姿,触发二维相机拍照并获取图像,对图像进行处理得到特征图案的像素轮廓,将特征图案的像素轮廓作为定位模板,对定位模板进行计算得到定位模板物理几何参数,其中,特征图案包括特征点和特征线段;

[0023] 特征点位置逼近流程:将特征图案设置在工件上,触发相机拍照并获取图像,对图像执行特征图像处理流程得到特征轮廓物理几何参数,控制相机在机器人物理坐标系X轴和Y轴上平移使得特征轮廓物理几何参数逼近定位模板物理几何参数;

[0024] 特征图像处理流程:对图像进行处理得到特征图案的轮廓,判断特征图案的轮廓和定位模板是否相匹配,若是则将特征图案的轮廓作为特征轮廓并根据特征轮廓计算得到特征轮廓物理几何参数,若否则重新调整二维相机对特征图案的拍摄位姿、触发二维相机拍照并获取图像,其中,特征轮廓为特征图案的像素轮廓;

[0025] 姿态自适应流程:分别控制二维相机绕机器人物理坐标系X轴、Y轴和Z轴旋转使得特征轮廓物理几何参数逼近定位模板物理几何参数;

[0026] 高度自动调节流程:控制二维相机在机器人物理坐标系Z轴上平移使得特征轮廓物理几何参数逼近定位模板物理几何参数。

[0027] 作为优选,所述工件坐标系和工具坐标系建立流程,具体包括如下步骤:

[0028] 步骤111:建立工具坐标系并确定TCP位置,将TCP位置设置在视觉中心点上,其中,视觉中心指的是二维相机镜头下端面中心;

[0029] 步骤112:通过工件坐标系确定机器人的工作面,工件坐标系的XY平面建立在加工面上,其中,加工面为特征图案上的切面,加工面和特征图案的公共点为特征点。

[0030] 作为优选,所述N点标定流程,具体包括如下流程:

[0031] 步骤121:将TCP位置设置在视觉中心上;

[0032] 步骤122:控制二维相机正对于加工面,控制物距达到设定值;

[0033] 步骤123:在加工面上设置N个标定点,N个标定点的物理坐标分别为 (X_1, Y_1, Z_1) 、

$(X_2, Y_2, Z_2) \cdots (X_N, Y_N, Z_N)$, 控制TCP移动至N个标定点上并获取标定图像, 根据标定图像确定TCP在N个标定上的像素坐标, TCP在N个标定上的像素坐标分别为 (x_1, y_1) 、 $(x_2, y_2) \cdots (x_N, y_N)$;

[0034] 步骤124: 根据N个标定点的物理坐标和TCP在N个标定上的像素坐标代入如下公式并根据最小二乘法计算得到转换矩阵:

$$[0035] \quad \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix},$$

[0036] 式中, 转换矩阵为 $\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \end{bmatrix}$, a、d、b和e分别为旋转分量, c和f分别为平移分量。

[0037] 作为优选, 所述模板制作流程, 具体包括如下步骤:

[0038] 步骤131: 调整二维相机对特征图案的拍摄位姿, 触发二维相机拍照并获取图像, 其中, 特征图案包括特征点和特征线段; 步骤132: 获取特征图案的像素轮廓, 将特征图案的像素轮廓作为定位模板; 步骤133: 根据定位模板计算得到定位模板像素几何参数, 通过转换矩阵将定位模板像素几何参数转换为定位模板物理几何参数, 其中, 定位模板几何参数包括特征点的位置参数和特征线段的尺寸参数。

[0039] 作为优选, 所述特征点位置逼近流程, 具体包括如下步骤:

[0040] 步骤211: 将特征图案设置在工件上, 将工件定位在工作台上;

[0041] 步骤212: 触发二维相机拍照并获取图像;

[0042] 步骤213: 对图像执行特征图像处理流程得到特征轮廓物理几何参数;

[0043] 步骤214: 根据定位模板物理几何参数和特征轮廓物理几何参数计算得到偏移量, 其中, 偏移量包括 ΔT_X 和 ΔT_Y , ΔT_X 为在特征轮廓相对定位模板在机器人物理坐标系X轴上的偏移量, ΔT_Y 为特征轮廓相对定位模板在机器人物理坐标系Y轴上的偏移量;

[0044] 步骤215: 判断 ΔT_X 是否小于阈值 ΔX_i , 若 ΔT_X 不小于阈值 ΔX_i 则判断 ΔT_X 是否超过阈值 T_{X_i} , 若 ΔT_X 超过阈值 T_{X_i} 则控制二维相机在机器人物理坐标系X轴上平移至 ΔT_X 不超过

阈值 T_{X_i} , 若 ΔT_X 不超过阈值 T_{X_i} 则控制二维相机在机器人物理坐标系X轴上迭代平移 $\frac{1}{4} T_{X_i}$

的距离直至 ΔT_X 小于 $\frac{1}{4} T_{X_i}$, 若 ΔT_X 小于 $\frac{1}{4} T_{X_i}$ 时则控制二维相机在机器人物理坐标系X轴

上平移 ΔT_X 的距离, 其中, 阈值 T_{X_i} 大于4倍的阈值 ΔX_i ;

[0045] 步骤216: 若 ΔT_X 小于阈值 ΔX_i 时则判断 ΔT_Y 是否小于阈值 ΔY_i , 若 ΔT_Y 不小于阈值 ΔY_i 则判断 ΔT_Y 是否超过阈值 T_{Y_i} , 若 ΔT_Y 超过阈值 T_{Y_i} 则控制二维相机在机器人物理坐标系Y轴上平移至 ΔT_Y 不超过阈值 T_{Y_i} , 若 ΔT_Y 不超过阈值 T_{Y_i} 则控制二维相机在机器人物理坐标

系Y轴上迭代平移 $\frac{1}{4}T_{Y_i}$ 的距离直至 ΔT_Y 小于 $\frac{1}{4}T_{Y_i}$,若 ΔT_Y 小于 $\frac{1}{4}T_{Y_i}$ 时则控制二维相机在机器人物理坐标系Y轴上平移 ΔT_Y 的距离,其中,阈值 T_{Y_i} 大于4倍的阈值 ΔY_i 。

[0046] 作为优选,所述特征图像处理流程,具体包括如下步骤:

[0047] S11:视觉机器人系统根据Canny算法,提取图像中图案的边缘点;

[0048] S12:视觉机器人系统根据提取到的图案的边缘点生成图案轮廓,其中,图案轮廓由若干边缘点构成;

[0049] S13:视觉机器人系统根据图案轮廓计算得到图案轮廓的边缘点数量和长宽比,判断图案轮廓的边缘点数量是否位于安全数量范围内以及图案轮廓的长宽比是否位于安全长宽比范围内,若是则保留相应的图案轮廓,若否则剔除相应的图案轮廓;

[0050] S14:视觉机器人系统判断保留下来的图案轮廓的一个边缘点和相邻的边缘点之间的差值是否位于梯度变化阈值时,若是则判定该边缘点为轮廓交点,判断图案轮廓的轮廓交点是否位于安全交点数范围内,若是则根据该图案轮廓的轮廓交点重新构建得到特征图案的轮廓;

[0051] S15:视觉机器人系统根据特征图案的轮廓计算得到特征图案像素几何参数,根据转换矩阵将特征图案像素几何参数转换为特征图案物理几何参数,判断特征图案像素几何参数和定位模板物理几何参数是否构成相似关系,若是则判定特征图案和定位模板匹配成功并将特征图案的轮廓作为特征轮廓,若否则判定特征图案和定位模板匹配不成功并重新调整二维相机对特征图案的拍摄位姿并获取图像。

[0052] 作为优选,所述姿态自适应流程,具体包括如下步骤:

[0053] 步骤221:触发二维相机拍照并获取图像;

[0054] 步骤222:对图像执行特征图像处理流程得到特征轮廓物理几何参数;

[0055] 步骤223:根据特征轮廓物理几何参数和定位模板物理几何参数计算得到偏移量,偏移量包括 θ_{z1} 、 θ_{x1} 和 θ_{y1} , θ_{z1} 为特征轮廓相对定位模板在机器人物理坐标系Z轴上的偏移角度, θ_{x1} 为特征轮廓相对定位模板在机器人物理坐标系X轴上的偏移角度, θ_{y1} 为特征轮廓相对定位模板在机器人物理坐标系Y轴上的偏移角度;

[0056] 步骤224:判断 θ_{z1} 是否小于阈值 θ_z ,若否则控制二维相机绕机器人物理坐标系Z轴旋转直至小于阈值 θ_z ;

[0057] 步骤225:若 θ_{z1} 小于阈值 θ_z 则判断 θ_{x1} 是否小于阈值 θ_x ,若 θ_{x1} 不小于阈值 θ_x 则判断 θ_{x1} 是否大于阈值 T_{θ_x} ,若 θ_{x1} 大于阈值 T_{θ_x} 则控制二维相机绕机器人物理坐标系X轴旋转至 θ_{x1} 不大于阈值 T_{θ_x} ,若 θ_{x1} 不大于阈值 T_{θ_x} 则控制二维相机绕机器人物理坐标系X轴迭代旋转

$\frac{1}{4}T_{\theta_x}$ 的角度直至 θ_{x1} 小于 $\frac{1}{4}T_{\theta_x}$,若 θ_{z1} 小于 $\frac{1}{4}T_{\theta_x}$ 则控制二维相机绕机器人物理坐标系X轴旋转 θ_{x1} 的角度,其中,阈值 θ_x 大于4倍的阈值 T_{θ_x} ;

[0058] 步骤226:若 θ_{x1} 小于阈值 θ_x 则执行特征点逼近流程,再判断 θ_{y1} 是否小于阈值 θ_y ,若 θ_{y1} 不小于阈值 θ_y 则判断 θ_{y1} 是否大于阈值 T_{θ_y} ,若 θ_{y1} 大于阈值 T_{θ_y} 则控制二维相机绕机器人

物理坐标系Y轴旋转至 θ_{Y1} 不大于阈值 T_{θ_Y} ,若 θ_{Y1} 不大于阈值 T_{θ_Y} 则控制二维相机绕机器人物理坐标系Y轴迭代旋转 T_{θ_x} 的角度直至 θ_{Y1} 小于 $\frac{1}{4}T_{\theta_Y}$,若 θ_{Y1} 小于 $\frac{1}{4}T_{\theta_Y}$ 则控制二维相机绕机器人物理坐标系Y轴旋转 θ_{Y1} 的角度,其中,阈值 θ_Y 大于4倍的阈值 T_{θ_Y} ;

[0059] 步骤227:若 θ_{Y1} 小于阈值 θ_Y 时则执行特征点位置逼近流程,记录机器人的当前姿态信息。

[0060] 作为优选,所述高度自动调节流程,包括如下步骤:

[0061] 步骤241:触发二维相机拍照并获取图像;

[0062] 步骤242:对图像执行特征图像处理流程得到特征轮廓物理几何参数;

[0063] 步骤243:根据特征轮廓物理几何参数和定位模板物理几何参数计算得到偏移量,偏移量包括 ΔH , ΔH 为特征轮廓相对定位模板的高度偏移量;

[0064] 步骤244:判断 ΔH 是否小于阈值 $\Delta H1$,若 ΔH 小于阈值 $\Delta H1$ 则判断 ΔH 是否大于阈值 $\Delta H2$,若 ΔH 大于阈值 $\Delta H2$ 则控制二维相机在机器人物理坐标系Z轴上平移直至 ΔH 不大于阈值 $\Delta H2$,若 ΔH 不大于阈值 $\Delta H2$ 则控制二维相机在机器人物理坐标系Z轴上迭代平移 $\frac{1}{4}\Delta H2$ 的距离直至 ΔH 小于 $\frac{1}{4}\Delta H2$,若 ΔH 小于 $\frac{1}{4}\Delta H2$ 则控制二维相机在机器人物理坐标系Z轴上平移 ΔH 的距离,其中,阈值 $\Delta H2$ 大于4倍的阈值 $\Delta H1$ 。

[0065] 本发明相比现有技术突出且有益的技术效果是:

[0066] (1)在本发明中,通过二维相机拍摄到的图像进行处理,实现二维相机位置调节、工件位置定位和机器人姿态调整,从而实现了执行机构在特征位置上对工件进行定位加工的效果,适合用于具有复杂表面的工件定位加工,因此本发明具有定位效率高和定位准确的优点。

[0067] (2)在本发明中,在定位过程中,采用逐次逼近和粗调细调结合的方式用于实现像素轮廓逐步逼近定位模板,一方面提高了二维相机位置调节效率,另一方面降低了二维相机定位误差。

[0068] (3)在本发明中,机器人和执行机构的姿态被严格定位,避免姿态异常干扰后续机器人对工件加工,保证了工件的加工精度和质量。

附图说明

[0069] 图1是本发明的视觉机器人系统的结构示意图;

[0070] 图2是本发明的特征图案的结构示意图;

[0071] 图3是本发明的视觉机器人融合方法的总流程示意图;

[0072] 图4是本发明的视觉机器人融合方法中的9个标定点在工件上的分布示意图;

[0073] 图5是本发明的视觉机器人融合方法中模板制作流程的示意图;

[0074] 图6是本发明的视觉机器人融合方法中特征点位置逼近流程的示意图;

[0075] 图7是本发明的在X方向上粗调和细调流程中特征点位置示意图;

[0076] 图8是本发明的视觉机器人融合方法中姿态自适应流程的示意图;

[0077] 图9是本发明的视觉机器人融合方法中高度自动调节流程示意图；

[0078] 图中：1-机器人、2-二维相机、3-工作台、4-工件、5-特征图案、6-刀具、11-执行机构。

具体实施方式

[0079] 为了便于本领域技术人员的理解，下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步描述。

[0080] 如图1所示，一种视觉机器人系统，包括机器人、二维相机、工作台、工件、特征图案、光电开关和触摸屏。

[0081] 机器人包括执行机构，执行机构用于将机器人的控制信号转换为相应姿态动作的机械臂，是机器人完成工作任务的主要实体，本实施例中，采用的执行机构属于现有技术，也是采用包括一些系列的连杆、机械关节、位姿传感器等构成的机械臂。执行机构的底部安装有底座，执行机构的末端安装有刀具，刀具用以在工作时对工件进行加工的主要器具，在本实施例中，刀具为切削工具。

[0082] 二维相机用于拍摄图像，机器人通过对图像进行处理生成控制执行机构的控制信号，二维相机也安装在执行机构的末端上，执行机构末端具有末端法兰，刀具和二维相机分别设置在末端法兰上，并且，刀具的轴向和二维相机的拍摄方向相互平行，以便于后续进行定位和标定。

[0083] 工作台上用于放置和装夹工件，对工件起到定位的作用，工作台设置在机器人的附近。在本实施例中，工作台包括若干可移动的定位块，在实际使用中，若工件正确地放置在工作台上时，定位块移动至抵接在工件上，定位块将工件定位在工作台上。

[0084] 光电开关(图中未示出)用于检测工件在工作台上的位置，以助于工件能够正确地定位在工作台上。光电开关电连接在机器人上，光电开关设置在工作台上，光电开关的检测范围设置在工作台上，从而实现光电开关检测工件在工作台上的位置。

[0085] 触摸屏(图中未示出)用于实现人机交互，在实际使用中，触摸屏可实时显示执行机构的当前位姿状态。

[0086] 工件为本机器人系统需要加工的部件。在工件具有一个加工面，刀具可在加工面上开始加工。本实施例中，工件为一汽车，加工面为与特征图案相切的一个平面。

[0087] 特征图案用于贴附在工件上，在实际使用中，将特征图案贴附在工件的特定位置上，工件的特定位置可事先和人为确定下来，相机对特征图案进行拍摄，机器人通过对特征图案进行识别和定位，从而实现了对工件的识别和定位。在本实施例中，工件的特定位置上可以是工件的加工面。

[0088] 在本实施例中，特征图案为一表面具有特定图案且柔软的薄膜。如图2所示，特定图案包括相交在一起的矩形和正三角形，正三角形的一个端点设置在矩形的中心上，特征图案包括特征点和特征线段，特征线段的端点为特征点，特征点采用g、h、i、j和k表示，特征线段采用A1、A2、B1和B2表示，特征点g位于正三角形和矩形的交点，而且还位于正三角形边的中点，特征点h和k位于矩形的端点，特征点i和j位于正三角形的角上，特征线段A1为特征点i和g之间的线段，特征线段A2为特征点g和j之间的线段，特征线段B1为特征点h和g之间的线段，特征线段B2为特征点g和k之间的线段。在实际使用中，特征图案可充分贴合在工件

的加工面上,从而对曲面也具有精确的定位效果。

[0089] 本视觉机器人系统用于工件坐标系和工具坐标系建立流程、执行模板制作流程、模板制作流程、特征点位置逼近流程、特征图像处理流程、姿态自适应流程和高度自动调节流程。

[0090] 所述工件坐标系和工具坐标系建立流程包括视觉机器人系统建立工件坐标系和工具坐标系流程,其中,工具坐标系包括TCP位置。

[0091] 所述N点标定流程包括视觉机器人系统建立图像坐标系和机器人物理坐标系之间的转换矩阵,其中,N为正整数。

[0092] 所述模板制作流程包括视觉机器人系统调整二维相机对特征图案的拍摄位姿,触发二维相机拍照并获取图像,对图像进行处理得到特征图案的像素轮廓,将特征图案的像素轮廓作为定位模板,对定位模板进行计算得到定位模板物理几何参数,其中,特征图案包括特征点和特征线段;

[0093] 在模板制作流程中,二维相机可在特征图案的多个拍摄位姿上获取图像并制作得到多个定位模板。在后续进行特征图像处理流程中,特征图案的轮廓可与多个拍摄位姿下的定位模板进行匹配,二维相机在不同位姿下也能够准确地匹配到对应的定位模板,从而提高了匹配范围。

[0094] 所述特征点位置逼近流程包括视觉机器人系统将特征图案设置在工件上,触发相机拍照并获取图像,对图像执行特征图像处理流程得到特征轮廓物理几何参数,控制相机在机器人物理坐标系X轴和Y轴上平移使得特征轮廓物理几何参数逼近定位模板物理几何参数;

[0095] 所述特征图像处理流程包括视觉机器人系统对图像进行处理得到特征图案的轮廓,判断特征图案的轮廓和定位模板是否相匹配,若是则将特征图案的轮廓作为特征轮廓根据特征轮廓计算得到特征轮廓物理几何参数,若否则重新调整二维相机对特征图案的拍摄位姿、触发二维相机拍照并获取图像,其中,特征轮廓为特征图案的像素轮廓。

[0096] 所述姿态自适应流程包括视觉机器人系统分别控制二维相机绕机器人物理坐标系X轴、Y轴和Z轴旋转使得特征轮廓物理几何参数逼近定位模板物理几何参数。

[0097] 所述高度自动调节流程包括视觉机器人系统控制二维相机在机器人物理坐标系Z轴上平移使得特征轮廓物理几何参数逼近定位模板物理几何参数。

[0098] 另一方面,本发明还提供了一种视觉机器人融合方法,采用上述的一种视觉机器人系统执行,本视觉机器人融合方法的步骤包括预处理流程和实时处理流程。预处理的具体步骤包括工件坐标系和工具坐标系建立流程、N点标定流程和模板制作流程。实时处理流程包括特征点位置逼近流程、特征图像处理流程、姿态自适应流程和高度自动调节流程。

[0099] 如图3所示,在实际定位过程中,视觉机器人系统开始,视觉机器人系统判断是否需要执行预处理流程,若否则视觉机器人系统进入判断是否需要执行实时处理流程,若是则视觉机器人系统在触摸屏上显示预处理流程的界面,视觉机器人系统判断是否需要执行工件坐标系和工具坐标系建立,若是则执行工件坐标系和工具坐标系建立流程,若否则判断是否需要执行N点标定流程,若是则执行N点标定流程,若否则判断是否需要执行模板制作流程,若是则执行模板制作流程并返回至判断是否需要执行预处理流程,若否则返回至判断是否需要执行预处理流程。视觉机器人系统判断是否需要执行实时处理流程,若是则

依次执行特征点位置逼近流程和姿态自适应流程,在姿态自适应流程执行完毕后,视觉机器人系统判断姿态调整角度(即偏移量 θ_{z1} 、 θ_{x1} 和 θ_{y1})是否超过阈值(即阈值 θ_z 、阈值 θ_x 和阈值 θ_y),若是则重新执行特征点位置逼近流程和姿态自适应流程,若否则执行高度自动调节流程,再判断高度总调节值是否小于阈值 $\Delta H3$,若是则视觉机器人系统结束,若否则执行特征点逼近流程再结束。若不需要执行实时处理流程则判断是否需要退出系统,若是则视觉机器人系统结束,若否则返回至判断是否需要执行预处理流程。

[0100] 工件坐标系和工具坐标系建立流程:视觉机器人系统建立工件坐标系和工具坐标系流程,其中,工具坐标系包括TCP位置。在本实施例中,如图2所示,图中X轴和Y轴分别表示的是工件坐标系X轴和Y轴,通过建立工件坐标系,可将工件坐标系X轴和Y轴设置在工件的加工面上,以便于在加工面上对特征图案进行精准定位。

[0101] N点标定流程:视觉机器人系统建立图像坐标系和机器人物理坐标系之间的转换矩阵,其中,N为正整数。在本实施例中,N的取值为9,通过N点标定流程,实现了图像坐标系和机器人物理坐标系之间的转换。

[0102] 模板制作流程:视觉机器人系统调整二维相机对特征图案的拍摄位姿,触发二维相机拍照并获取图像,对图像进行处理得到特征图案的像素轮廓,将特征图案的像素轮廓作为定位模板,对定位模板进行计算得到定位模板物理几何参数,其中,特征图案包括特征点和特征线段。在本实施例中,定位模板用于后续将工件上料至工作台上后,调整二维相机、执行机构和机器人相对工件的位姿。

[0103] 在模板制作流程中,二维相机可在特征图案的多个拍摄位姿上获取图像并制作得到多个定位模板。在后续进行特征图像处理流程中,特征图案的轮廓可与多个拍摄位姿下的定位模板进行匹配,二维相机在不同位姿下也能够准确地匹配到对应的定位模板,从而提高了匹配范围。

[0104] 特征点位置逼近流程:视觉机器人系统将特征图案设置在工件上,触发相机拍照并获取图像,对图像执行特征图像处理流程得到特征轮廓物理几何参数,控制二维相机在机器人物理坐标系X轴和Y轴上平移使得特征轮廓物理几何参数逼近定位模板物理几何参数。

[0105] 特征图像处理流程:视觉机器人系统对图像进行处理得到特征图案的轮廓,判断特征图案的轮廓和定位模板是否相匹配,若是则将特征图案的轮廓作为特征轮廓并根据特征轮廓计算得到特征轮廓物理几何参数,若否则重新调整二维相机对特征图案的拍摄位姿、触发二维相机拍照并获取图像,其中,特征轮廓为特征图案的像素轮廓。

[0106] 姿态自适应流程:视觉机器人系统分别控制二维相机绕机器人物理坐标系X轴、Y轴和Z轴旋转使得特征轮廓物理几何参数逼近定位模板物理几何参数。

[0107] 高度自动调节流程:视觉机器人系统控制二维相机在机器人物理坐标系Z轴上平移使得特征轮廓物理几何参数逼近定位模板物理几何参数。

[0108] 所述工件坐标系和工具坐标系建立流程,具体包括如下步骤:

[0109] 步骤111:视觉机器人系统建立工具坐标系并确定TCP位置,将TCP位置设置在视觉中心点上,其中,视觉中心指的是二维相机镜头下端面中心;

[0110] 步骤112:二维相机镜头下端面为二维相机裸露在外的端面。视觉机器人系统通过工件坐标系确定工件的加工面位置,工件坐标系的XY平面建立在加工面上,其中,加工面为

特征图案上的切面,加工面和特征图案的公共点为特征点。

[0111] 作为优选,所述N点标定流程,N的取值为9,具体包括如下流程:

[0112] 步骤121:视觉机器人系统将TCP位置设置在视觉中心上,其中,视觉中心指的是二维相机镜头下端面中心;

[0113] 步骤122:视觉机器人系统控制二维相机正对于加工面,控制物距达到设定值;

[0114] 上述步骤中,二维相机的位置可通过机器人进行调节。若二维相机正对于加工面时,二维相机镜头的下端面和加工面相互平行。设定值可预先设置在视觉机器人系统中,若物距达到设定值时,二维相机和加工面的焦距适当,二维相机对焦清晰。

[0115] 步骤123:视觉机器人系统在加工面上设置N个标定点,N个标定点的物理坐标分别为 (X_1, Y_1, Z_1) 、 $(X_2, Y_2, Z_2) \cdots (X_N, Y_N, Z_N)$,控制TCP移动至N个标定点上并获取标定图像,根据标定图像确定TCP在N标定点上的像素坐标,TCP在N标定点上的像素坐标分别为 (x_1, y_1) 、 $(x_2, y_2) \cdots (x_N, y_N)$;

[0116] 上述步骤中,如图4所示,是9个标定点在加工面上的分布示意图,从左到右和从上往下的点分别为第1个、第2个...第N个标定点。在本实施例中,标定点可设置在特征图案的

特征点a上。 (X_1, Y_1, Z_1) 、 $(X_2, Y_2, Z_2) \cdots (X_N, Y_N, Z_N)$ 可表示为 $\begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \end{bmatrix}$ 、 $\begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \end{bmatrix} \cdots \begin{bmatrix} X_N \\ Y_N \end{bmatrix}$, (x_1, y_1) 、

$(x_2, y_2) \cdots (x_N, y_N)$ 可表示为 $\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{bmatrix}$ 、 $\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{bmatrix}$ 和 $\begin{bmatrix} x_N \\ y_N \\ 1 \end{bmatrix}$ 。

[0117] 步骤124:视觉机器人系统根据N个标定点的物理坐标和TCP在N标定点上的像素坐标代入如下公式并根据最小二乘法计算得到转换矩阵:

$$[0118] \quad \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix},$$

[0119] 式中,转换矩阵为 $\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \end{bmatrix}$,a、d、b和e分别为旋转分量,c和f分别为平移分量;

[0120] 上述步骤中,标定点的物理坐标、TCP在标定点上的像素坐标和转换矩阵满足如下公式:

$$[0121] \quad \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix},$$

[0122] 将上述公式展开得到如下公式:

$$[0123] \quad ax+by+c=X(1),$$

[0124] $dx+ey+f=Y(2)$,

[0125] 在本实施例中,N取值为9,将9个标定点的物理坐标、TCP在9标定点的像素坐标代入上述公式(1)得到如下物理坐标系X轴和像素坐标系X轴之间的转换公式:

[0126] $ax_1+by_1+c=X_1$

[0127] $ax_2+by_2+c=X_2$

[0128] $ax_3+by_3+c=X_3$

[0129] $ax_4+by_4+c=X_4$

[0130] $ax_5+by_5+c=X_5$

[0131] $ax_6+by_6+c=X_6$

[0132] $ax_7+by_7+c=X_7$

[0133] $ax_8+by_8+c=X_8,$

[0134] $ax_9+by_9+c=X_9$

[0135] 同理,将9个标定点的物理坐标、TCP在9标定点的像素坐标代入上述公式(2)得到物理坐标系Y轴和像素坐标系Y轴之间的转换公式。

[0136] 按照最小二乘法将物理坐标系X轴和像素坐标系X轴之间的转换公式等号两边的方差最小化,得到如下公式:

$$[0137] \quad S(a,b,c) = [(ax_1 + by_1 + c) - X_1]^2 + [(ax_2 + by_2 + c) - X_2]^2, \\ \dots + [(ax_N + by_N + c) - X_N]^2$$

[0138] 式中,S(a,b,c)为X轴上方差;

[0139] 通过计算S(a,b,c)的偏导数并使得一阶导数的值为0求解S(a,b,c)的最小值,进而得到a、b和c的三元一次方程组,通过计算该三元一次方程组,即可得到a、b和c的值。

[0140] 同理,按照最小二乘法将物理坐标系Y轴和像素坐标系Y轴之间的转换公式等号两边的方差最小化,得到如下公式:

$$[0141] \quad S(d,e,f) = [(dx_1 + ey_1 + f) - Y_1]^2 + [(dx_2 + ey_2 + f) - Y_2]^2, \\ \dots + [(dx_N + ey_N + f) - Y_N]^2$$

[0142] 式中,S(d,e,f)为Y轴上方差;

[0143] 同理,通过对S(d,e,f)进行计算即可得到d、e和f的值,在此不再复述,根据a、b、c、d、e和f的值进而得到转换矩阵。

[0144] 所述模板制作流程,具体包括如下步骤:

[0145] 步骤131:视觉机器人系统调整二维相机对特征图案的拍摄位姿,触发二维相机拍照并获取图像,其中,特征图案包括特征点和特征线段;

[0146] 上述步骤中,特征图案放置在不其他景物的背景当中进行拍摄,获取到的图像只有特征图案作为景物,以便于后续获取到特征图案的像素轮廓。在本实施例中,二维相机可相对特征图案的多个位姿上拍照并获取图像,后续可对多个位姿的二维相机获取的图像处理得到多个定位模板。

[0147] 步骤132:视觉机器人系统获取特征图案的像素轮廓,将特征图案的像素轮廓作为定位模板;

[0148] 上述步骤中,视觉机器人系统可根据Canny算法获取图像中特征图案的像素轮廓。

[0149] 步骤133:视觉机器人系统根据定位模板计算得到定位模板像素几何参数,通过转换矩阵将定位模板像素几何参数转换为定位模板物理几何参数,其中,定位模板几何参数包括特征点的位置参数和特征线段的尺寸参数。

[0150] 如图5所示,为模板制作流程的示意图。视觉机器人系统开始进入模板制作流程,视觉机器人系统的执行机构调整二维相机对特征图案的拍摄位姿,触发二维相机拍照并获取图像,再进行特征图案像素轮廓获取,再判断轮廓获取是否成功,若否则视觉机器人系统的触摸屏提示:模板匹配失败,请调整位置,若是则设置为定位模板,并获取定位模板的特征点位置以及特征线段的像素尺寸并转换为物理尺寸,定位模板的特征点和特征线段对应于特征图案的特征点和特征线段,最后判断各个尺寸值(即定位模板中的特征线段)是否在实际尺寸(即特征图案的特征线段)的阈值范围内,若是则记录定位模板的特征点位置和特征线段物理尺寸作为定位模板物理几何参数,若否则提示定位模板物理几何参数错误,请调整位置(即调整二维相机对特征图案的拍摄位姿)。

[0151] 所述特征点位置逼近流程,具体包括如下步骤:

[0152] 步骤211:视觉机器人系统将特征图案设置在工件上,将工件定位在工作台上;

[0153] 上述步骤中,视觉机器人系统可通过光电开关监测工件在工作台上的位置,若工件到达工作台上的预定位置时,光电开关发出触发信号,视觉机器人系统判定工件定位在工作台上。

[0154] 步骤212:视觉机器人系统触发二维相机拍照并获取图像;

[0155] 步骤213:视觉机器人系统对图像执行特征图像处理流程得到特征轮廓物理几何参数;

[0156] 上述步骤中,在进行匹配后,还可记录像素轮廓相对定位模板的偏转角度,根据偏转角度调节二维相机旋转,使得像素轮廓可正对于定位模板,以便于后续对修正偏移。

[0157] 步骤214:视觉机器人系统根据定位模板物理几何参数和特征轮廓物理几何参数计算得到偏移量,其中,偏移量包括 ΔT_X 和 ΔT_Y , ΔT_X 为在特征轮廓相对定位模板在机器人物理坐标系X轴上的偏移量, ΔT_Y 为特征轮廓相对定位模板在机器人物理坐标系Y轴上的偏移量;

[0158] 步骤215:视觉机器人系统判断 ΔT_X 是否小于阈值 ΔX_i ,若 ΔT_X 不小于阈值 ΔX_i 则判断 ΔT_X 是否超过阈值 T_{X_i} ,若 ΔT_X 超过阈值 T_{X_i} 则控制二维相机在机器人物理坐标系X轴上平移至 ΔT_X 不超过阈值 T_{X_i} ,若 ΔT_X 不超过阈值 T_{X_i} 则控制二维相机在机器人物理坐标系X轴

上迭代平移 $\frac{1}{4}T_{X_i}$ 的距离直至 ΔT_X 小于 $\frac{1}{4}T_{X_i}$,若 ΔT_X 小于 $\frac{1}{4}T_{X_i}$ 时则控制二维相机在机器

人物理坐标系X轴上平移 ΔT_X 的距离,其中,阈值 T_{X_i} 大于4倍的阈值 ΔX_i ;

[0159] 步骤216:若 ΔT_X 小于阈值 ΔX_i 时则视觉机器人系统判断 ΔT_Y 是否小于阈值 ΔY_i ,若 ΔT_Y 不小于阈值 ΔY_i 则判断 ΔT_Y 是否超过阈值 T_{Y_i} ,若 ΔT_Y 超过阈值 T_{Y_i} 则控制二维相机在机器人物理坐标系Y轴上平移至 ΔT_Y 不超过阈值 T_{Y_i} ,若 ΔT_Y 不超过阈值 T_{Y_i} 则控制二维相机

在机器人物理坐标系Y轴上迭代平移 $\frac{1}{4}T_{Y_i}$ 的距离直至 ΔT_Y 小于 $\frac{1}{4}T_{Y_i}$,若 ΔT_Y 小于 $\frac{1}{4}T_{Y_i}$ 时则控制二维相机在机器人物理坐标系Y轴上平移 ΔY_i 的距离,其中,阈值 T_{Y_i} 大于4倍的阈值 ΔY_i 。

[0160] 如图6所示,为特征点位置逼近流程的示意图。视觉机器人系统开始进入特征点位置逼近流程,将工件定位到位,即步骤211。视觉机器人系统再触发二维相机拍照并获取图像,即步骤212。视觉机器人系统再进行特征图像处理流程,并获取偏移量,即步骤213和214。视觉机器人系统再判断图像X方向偏差(即 ΔT_x)是否小于 ΔX_i ,若否则判断图像X方向偏差是否超过 T_{X_i} ,若是则控制机器人在X方向粗调,记录调节数值,若否则控制机器人在X方向上细调,记录调节数值,即步骤215。机器人在X方向粗调指的是控制二维相机在机器人物理坐标系X轴上平移至 ΔT_x 不超过阈值 T_{X_i} 。控制机器人在X方向上细调指的是控制二维

相机在机器人物理坐标系X轴上迭代平移 $\frac{1}{4}T_{X_i}$ 的距离直至 ΔT_x 小于 $\frac{1}{4}T_{X_i}$ 。若图像X方向偏

差小于 ΔX_i 则视觉机器人系统判断图像Y方向偏差(即 ΔY_i)是否小于 ΔY_i ,若否则判断图像Y方向偏差是否超过 T_{Y_i} ,若是则控制机器人在Y方向粗调,记录调节数值,若否则控制机器人在Y方向细调,记录调节数值,即步骤216。控制机器人在Y方向粗调指的是控制二维相机在机器人物理坐标系Y轴上平移至 ΔT_Y 不超过阈值 T_{Y_i} ,控制机器人在Y方向细调指的是控

制二维相机在机器人物理坐标系Y轴上迭代平移 $\frac{1}{4}T_{Y_i}$ 的距离直至 ΔT_Y 小于 $\frac{1}{4}T_{Y_i}$ 。若图像Y

方向偏差(即 ΔY_i)小于 ΔY_i 或者执行完毕步骤216后,视觉机器人系统结束特征点位置逼近流程。采用在X和Y方向上粗调和细调相结合的调节流程,兼顾了调节效率和定位精度。

[0161] 如图7所示,在X方向上粗调和细调流程中特征点位置示意图。图中, X_i 为 ΔT_x 的实时值, T_x 表示的是X方向上调节的目标偏差值, ΔX_i 为X方向位置调节的阈值, T_{X_i} 也为X方向位置调节的阈值, T_{X_i} 还是粗调和细调过程的临界点。粗调和细调的详细流程如下:

[0162] 视觉机器人系统判断 X_i 是否大于 T_{X_i} ,若是则进行粗调,控制机器人在X方向调节 $(X_i - T_{X_i} + \frac{1}{4}T_{X_i})$,确保调节后机器人与目标位置的距离在 T_{X_i} 范围内;

[0163] 视觉机器人系统再判 X_i 是否小于 T_{X_i} ,若是则进行细调,细调区域为 $0 \sim T_{X_i}$,将该区域进行4等分,实时判断当前位置是在哪个区域,若在后三个区域位置区间内,则控制机器人在X方向运行 $\frac{1}{4}T_{X_i}$ 的距离,使其进入前一个区域直至进入 $\Delta X_i \sim \frac{1}{4}T_{X_i}$ 范围内;若在 $\Delta X_i \sim \frac{1}{4}T_{X_i}$ 范围内,则控制机器人运行当前的偏移量 X_i 。特征点位置逼近流程中, T_{X_i} 阈值范

围设置必须大于4倍的 ΔX_i 。

[0164] 同理,根据X方向上粗调和细调流程可知Y方向上粗调和细调流程。

[0165] 所述特征图像处理流程,

[0166] 具体包括如下步骤:

[0167] S11:视觉机器人系统根据Canny算法,提取图像中图案的边缘点;

[0168] 在实际加工过程中,二维相机拍摄到的图像中,不仅包含特征图案还包括其他景物的图案。采用Canny算法不仅提取到了特征图案的边缘点,还提取到了其他景物图案的边缘点。

[0169] S12:视觉机器人系统根据提取到的图案的边缘点生成图案轮廓,其中,图案轮廓由若干连续的边缘点构成;

[0170] 上述步骤中,视觉机器人根据边缘点不仅生成了特征图案的轮廓,还生成了其他景物图案的轮廓,在本实施例中,图案轮廓的数量至少为两个,其中一个是特征图案的轮廓,剩余的是其他景物图案的轮廓。

[0171] S13:视觉机器人系统根据图案轮廓计算得到图案轮廓的边缘点数量和长宽比,判断图案轮廓的边缘点数量是否位于安全数量范围内以及图案轮廓的长宽比是否位于安全长宽比范围内,若是则保留相应的图案轮廓,若否则剔除相应的图案轮廓。

[0172] 上述步骤中,为了能够区分出图案轮廓中的特征图案的轮廓,在本实施例中,预先在视觉机器人系统中设置有安全数量范围和安全长宽比范围。安全数量范围表示的是构成特征图案的轮廓的边缘点数量可能出现的取值范围,若图案轮廓的边缘点数量位于安全数量范围外时,则相应的图案轮廓不可能为特征图案的轮廓,从而剔除该图案轮廓;安全长宽比范围指的是特征图案的长宽比可能出现的取值范围,若图案轮廓的长宽比位于安全长宽比范围外时,则相应的图案轮廓不可能为特征图案的轮廓,从而剔除该图案轮廓,若图案轮廓的边缘点数量位于安全数量范围内且图案轮廓的长宽比位于安全长宽比范围内时,则相应的图案轮廓很有可能是特征图案的轮廓,从而保留该图案轮廓。

[0173] S14:视觉机器人判断保留下来的图案轮廓的一个边缘点和相邻的边缘点之间的差值是否位于梯度变化阈值时,若是则判定该边缘点为轮廓交点,判断图案轮廓的轮廓交点是否位于安全交点数范围内,若是则根据该图案轮廓的轮廓交点重新构建得到特征图案的轮廓;

[0174] 上述步骤中,由于在轮廓交点附近的轮廓线段方向发生改变,因此通过判断相邻边缘点的向量变化趋势进而判断是否存在轮廓线段的交点。在本实施例中,预先设置有梯度变化阈值,梯度变化阈值表示的是相邻的边缘点分别在两条相邻的轮廓线段上时两者之间的向量差值的取值范围,若保留下来的图案轮廓的一个边缘点和相邻的边缘点之间的差值是否位于梯度变化阈值内时,则证明该边缘点为轮廓交点。

[0175] 采用上述方式,视觉机器人系统可确定图案轮廓的轮廓交点的数量和位置。而为了进一步保证保留下来的图案轮廓为特征图案的轮廓,视觉机器人系统还预先设置有安全交点数范围,安全交点数范围为特征图案的轮廓交点的可能取值范围,在本实施例中,安全交点数范围为9个,特征图案的轮廓交点包括正三角形的三个顶点和矩形的四个顶点以及正三角形和矩形交点。若图案轮廓的轮廓交点位于安全交点数范围外时,则剔除相应的图案轮廓;若图案轮廓的轮廓交点位于安全交点数范围内时,则保留相应图案轮廓的轮廓交

点并根据该图案轮廓的轮廓交点重新构建得到特征图案的轮廓；

[0176] S15:视觉机器人系统根据特征图案的轮廓计算得到特征图案像素几何参数,根据转换矩阵将特征图案像素几何参数转换为特征图案物理几何参数,判断特征图案像素几何参数和定位模板物理几何参数是否构成相似关系,若是则判定特征图案和定位模板匹配成功并将特征图案的轮廓作为特征轮廓,若否则判定特征图案和定位模板匹配不成功并重新调整二维相机对特征图案的拍摄位姿并获取图像。

[0177] 上述步骤中,视觉机器人系统还特征图案像素几何参数和定位模板物理几何参数构成相似关系指的是,特征图案和定位模板的相似度小于相似阈值时,则调整相机对特征图案的拍摄位姿并重新拍照。在本实施例中,特征图案和定位模板的相似度根据特征图案的不同特征线段和定位模板的不同的特征线段比值确定,例如特征图案和定位模板的相似度等于特征图案的A1和定位模板的A1的比值减去特征图案的B1和定位模板的B1的比值。

[0178] 在特征图像处理流程中,视觉机器人系统将图像中的特征图案的轮廓和多个定位模板进行匹配,以便于快速和准确地将两者进行匹配成功,进而快速和准确地标定执行机构。

[0179] 如图8所示,为姿态自适应流程的示意图,用于实现执行机构和二维相机在物理坐标系X轴、Y轴和Z轴上的姿态调整,并保证特征点位置不变。所述姿态自适应流程,具体包括如下步骤:

[0180] 步骤221:视觉机器人系统触发二维相机拍照并获取图像;

[0181] 步骤222:视觉机器人系统对图像执行特征图像处理流程得到特征轮廓物理几何参数;

[0182] 上述步骤中,特征轮廓物理几何参数包括A1、A2、B1和B2的物理值。

[0183] 步骤223:视觉机器人系统根据特征轮廓物理几何参数和定位模板物理几何参数计算得到偏移量,偏移量包括 θ_{z1} 、 θ_{x1} 和 θ_{y1} , θ_{z1} 为特征轮廓相对定位模板在机器人物理坐标系Z轴上的偏移角度, θ_{x1} 为特征轮廓相对定位模板在机器人物理坐标系X轴上的偏移角度, θ_{y1} 为特征轮廓相对定位模板在机器人物理坐标系Y轴上的偏移角度;

[0184] 上述步骤中,偏移量 θ_{x1} 和 θ_{y1} 通过A1、A2和B1、B2的比例关系公式计算得到。上述的比例关系公式如下:

$$[0185] \quad f(\theta_{y1}) = a_n \left(\frac{A1}{A2}\right)^n + \dots + a_i \left(\frac{A1}{A2}\right)^i + \dots + a_0,$$

$$[0186] \quad f(\theta_{x1}) = b_n \left(\frac{B1}{B2}\right)^n + \dots + b_i \left(\frac{B1}{B2}\right)^i + \dots + b_0,$$

[0187] 式中, $f(\theta_{y1})$ 为偏移量 θ_{y1} , $\left(\frac{A1}{A2}\right)^n \dots \left(\frac{A1}{A2}\right)^i$ 分别为第n次获取的A1和A2的比值...第i次获取的A1和A2的比值, $a_n \dots a_i \dots a_0$ 分别为第n次...第i次...第0次的权重系数, $f(\theta_{x1})$ 为偏移量 θ_{x1} , $\left(\frac{B1}{B2}\right)^n \dots \left(\frac{B1}{B2}\right)^i$ 分别为第n次获取的A1和A2的比值...第i次获取的A1和A2的比值, $b_n \dots b_i \dots b_0$ 分别为第n次...第i次...第0次的权重系数。

[0188] 步骤224:视觉机器人系统判断 θ_{z1} 是否小于阈值 θ_z ,若否则控制二维相机绕机器人

物理坐标系Z轴旋转直至小于阈值 θ_z ;

[0189] 上述步骤,视觉机器人系统控制二维相机绕机器人物理坐标系Z轴旋转直至 θ_z 小于阈值 θ_{z1} 采用的是一步调节到位的方法。

[0190] 步骤225:若 θ_{z1} 小于阈值 θ_z 则视觉机器人系统判断 θ_{x1} 是否小于阈值 θ_x ,若 θ_{x1} 不小于阈值 θ_x 则判断 θ_{x1} 是否大于阈值 T_{θ_x} ,若 θ_{x1} 大于阈值 T_{θ_x} 则控制二维相机绕机器人物理坐标系X轴旋转至 θ_{x1} 不大于阈值 T_{θ_x} ,若 θ_{x1} 不大于阈值 T_{θ_x} 则控制二维相机绕机器人物理坐标系

X轴迭代旋转 $\frac{1}{4}T_{\theta_x}$ 的角度直至 θ_{x1} 小于 $\frac{1}{4}T_{\theta_x}$,若 θ_{z1} 小于 $\frac{1}{4}T_{\theta_x}$ 则控制二维相机绕机器人物

理坐标系X轴旋转 θ_{x1} 的角度,其中,阈值 θ_x 大于4倍的阈值 T_{θ_x} ;

[0191] 上述步骤中,视觉机器人系统控制二维相机在机器人物理坐标系X轴上运动方式也是采用粗调和细调的方式进行调节。

[0192] 步骤226:若 θ_{x1} 小于阈值 θ_x 则视觉机器人系统执行特征点逼近流程,再判断 θ_{y1} 是否小于阈值 θ_y ,若 θ_{y1} 不小于阈值 θ_y 则判断 θ_{y1} 是否大于阈值 T_{θ_y} ,若 θ_{y1} 大于阈值 T_{θ_y} 则控制二维相机绕机器人物理坐标系Y轴旋转至 θ_{y1} 不大于阈值 T_{θ_y} ,若 θ_{y1} 不大于阈值 T_{θ_y} 则控制二维相

机绕机器人物理坐标系Y轴迭代旋转 T_{θ_y} 的角度直至 θ_{y1} 小于 $\frac{1}{4}T_{\theta_y}$,若 θ_{y1} 小于 $\frac{1}{4}T_{\theta_y}$ 则控制

二维相机绕机器人物理坐标系Y轴旋转 θ_{y1} 的角度,其中,阈值 θ_y 大于4倍的阈值 T_{θ_y} ;

[0193] 上述步骤中,视觉机器人系统控制二维相机在机器人物理坐标系Y轴上运动的方式也是采用粗调和细调的方式进行调节。

[0194] 步骤227:若 θ_{y1} 小于阈值 θ_y 时则视觉机器人系统执行特征点位置逼近流程,记录机器人的当前姿态信息;

[0195] 上述步骤中,上述 θ_{z1} 、 θ_{x1} 、 θ_{y1} 、 θ_{T_x} 和 ΔT_y 调节完成后,视觉机器人系统可记录机器人的姿态作为对工件进行定位加工时最终姿态。

[0196] 如图9所示,为高度自动调节流程示意图。所述高度自动调节流程,包括如下步骤:

[0197] 步骤241:视觉机器人系统触发二维相机拍照并获取图像;

[0198] 步骤242:视觉机器人系统对图像执行特征图像处理流程得到特征轮廓物理几何参数;

[0199] 上述步骤中,特征轮廓物理几何参数还包括特征轮廓的高度,特征轮廓的高度为相机和特征图案之间的垂直距离。

[0200] 上述步骤中,特征轮廓物理几何参数中的高度满足如下公式:

$$[0201] \quad f(A_1) = c_n (A_1)^n + \dots + c_i (A_1)^i + \dots + c_0,$$

$$[0202] \quad f(A_2) = d_n (A_2)^n + \dots + d_i (A_2)^i + \dots + d_0$$

$$[0203] \quad f(B_1) = e_n (B_1)^n + \dots + e_i (B_1)^i + \dots + e_0$$

$$[0204] \quad f(B_2) = f_n (B_2)^n + \dots + f_i (B_2)^i + \dots + f_0$$

[0205] 式中, $f(A_1)$ 为根据A1计算得到的特征轮廓高度, $c_n \dots c_i \dots c_0$ 分别为第n次...第i次...第0次的权重系数, $(A_1)^n \dots (A_1)^i$ 分别为第n次得到的A1的物理值...第i次得到的A1的

物理值, $f(A_2)$ 为根据A2计算得到的特征轮廓高度, $d_n \dots d_i \dots d_0$ 分别为第n次...第i次...第0次的权重系数, $(A_2)^n \dots (A_2)^i$ 分别为第n次得到的A2的物理值...第i次得到的A2的物理值, $f(B_1)$ 为根据B1计算得到的特征轮廓高度, $e_n \dots e_i \dots e_0$ 分别为第n次...第i次...第0次的权重系数, $(B_1)^n \dots (B_1)^i$ 分别为第n次得到的B1的物理值...第i次得到的B1的物理值, $f(B_2)$ 为根据B2计算得到的特征轮廓高度, $f_n \dots f_i \dots f_0$ 分别为第n次...第i次...第0次的权重系数, $(B_2)^n \dots (B_2)^i$ 分别为第n次得到的B2的物理值...第i次得到的B2的物理值。根据上述公式可获取特征轮廓的高度。

[0206] 步骤243: 视觉机器人系统根据特征轮廓物理几何参数和定位模板物理几何参数计算得到偏移量, 偏移量包括 ΔH , ΔH 为特征轮廓相对定位模板的高度偏移量;

[0207] 上述步骤中, 定位模板物理几何参数包括定位模板的高度, 定位模板的高度为预先计算得到的特征图案和相机之间的垂直距离, 定位模板的高度也可采用步骤242中的公式计算得到。

[0208] 步骤244: 视觉机器人系统判断 ΔH 是否小于阈值 $\Delta H1$, 若 ΔH 小于阈值 $\Delta H1$ 则判断 ΔH 是否大于阈值 $\Delta H2$, 若 ΔH 大于阈值 $\Delta H2$ 则控制二维相机在机器人物理坐标系Z轴上平移直至 ΔH 不大于阈值 $\Delta H2$, 若 ΔH 不大于阈值 $\Delta H2$ 则控制二维相机在机器人物理坐标系Z

轴上迭代平移 $\frac{1}{4}\Delta H2$ 的距离直至 ΔH 小于 $\frac{1}{4}\Delta H2$, 若 ΔH 小于 $\frac{1}{4}\Delta H2$ 则控制二维相机在机

器人物理坐标系Z轴上平移 ΔH 的距离, 其中, 阈值 $\Delta H2$ 大于4倍的阈值 $\Delta H1$;

[0209] 步骤245: 视觉机器人系统判断高度总调节值是否小于 $\Delta H3$, 若是则判定机器人高度调节过多导致特征点位置发生偏移, 再次执行特征点位置逼近流程对特征点位置进行调整, 上述的高度总调节值等于最终的二维相机高度和初始的二维相机高度之间的差值。

[0210] 上述实施例仅为本发明的较佳实施例, 并非依此限制本发明的保护范围, 故: 凡依本发明的结构、形状、原理所做的等效变化, 均应涵盖于本发明的保护范围之内。

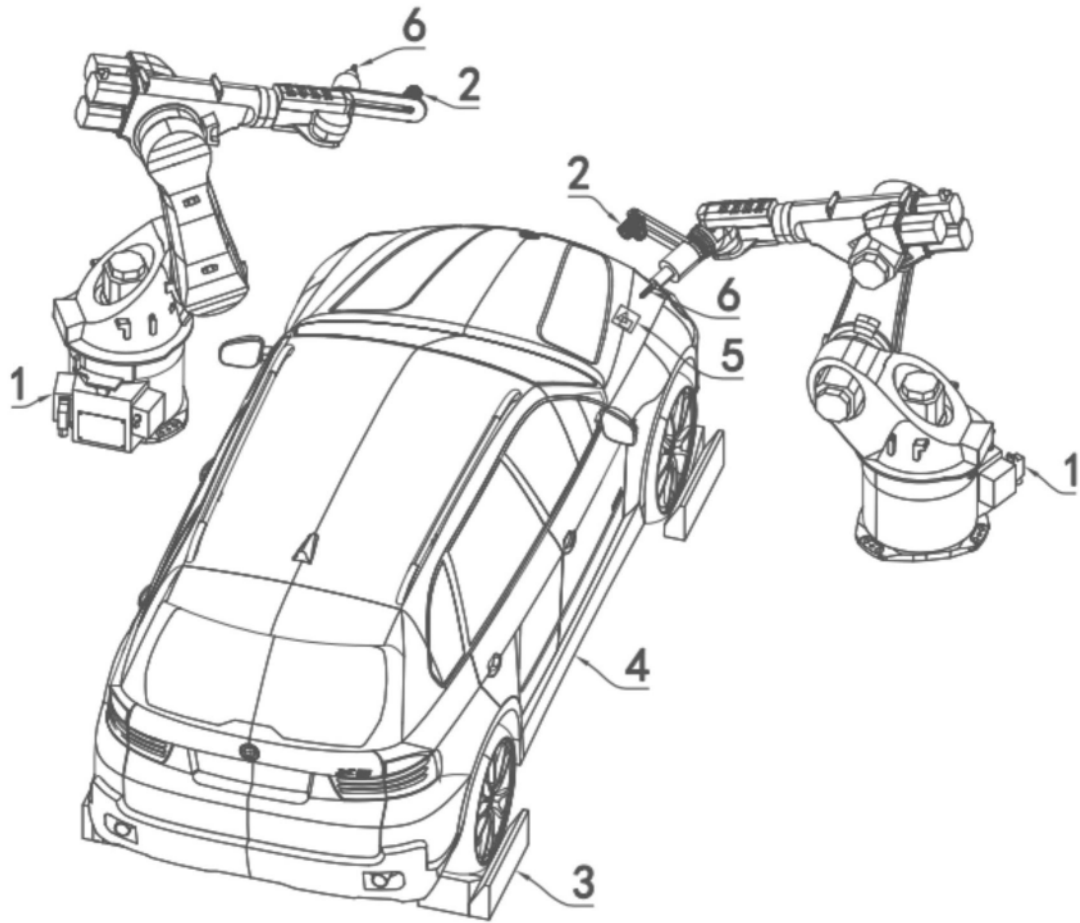


图1

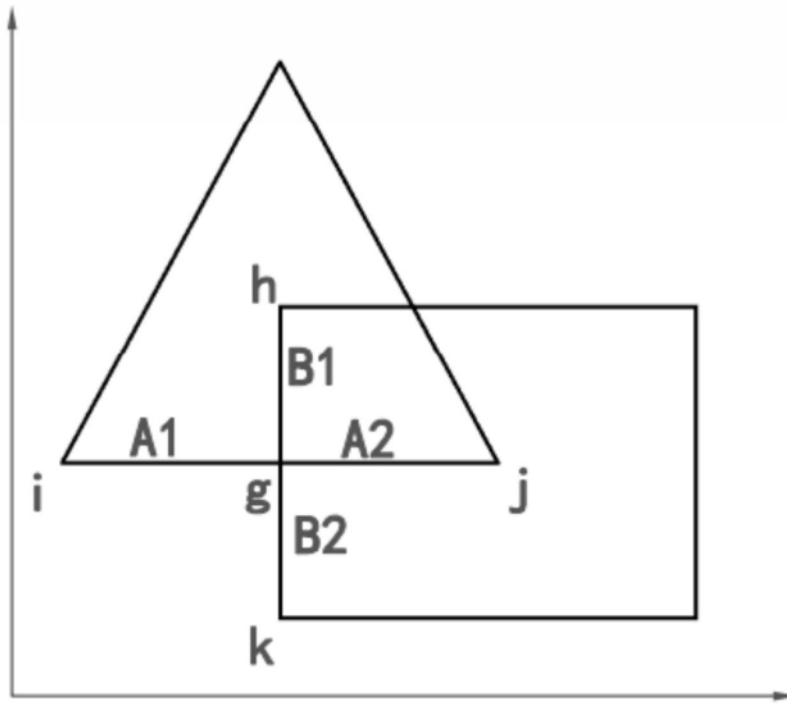


图2

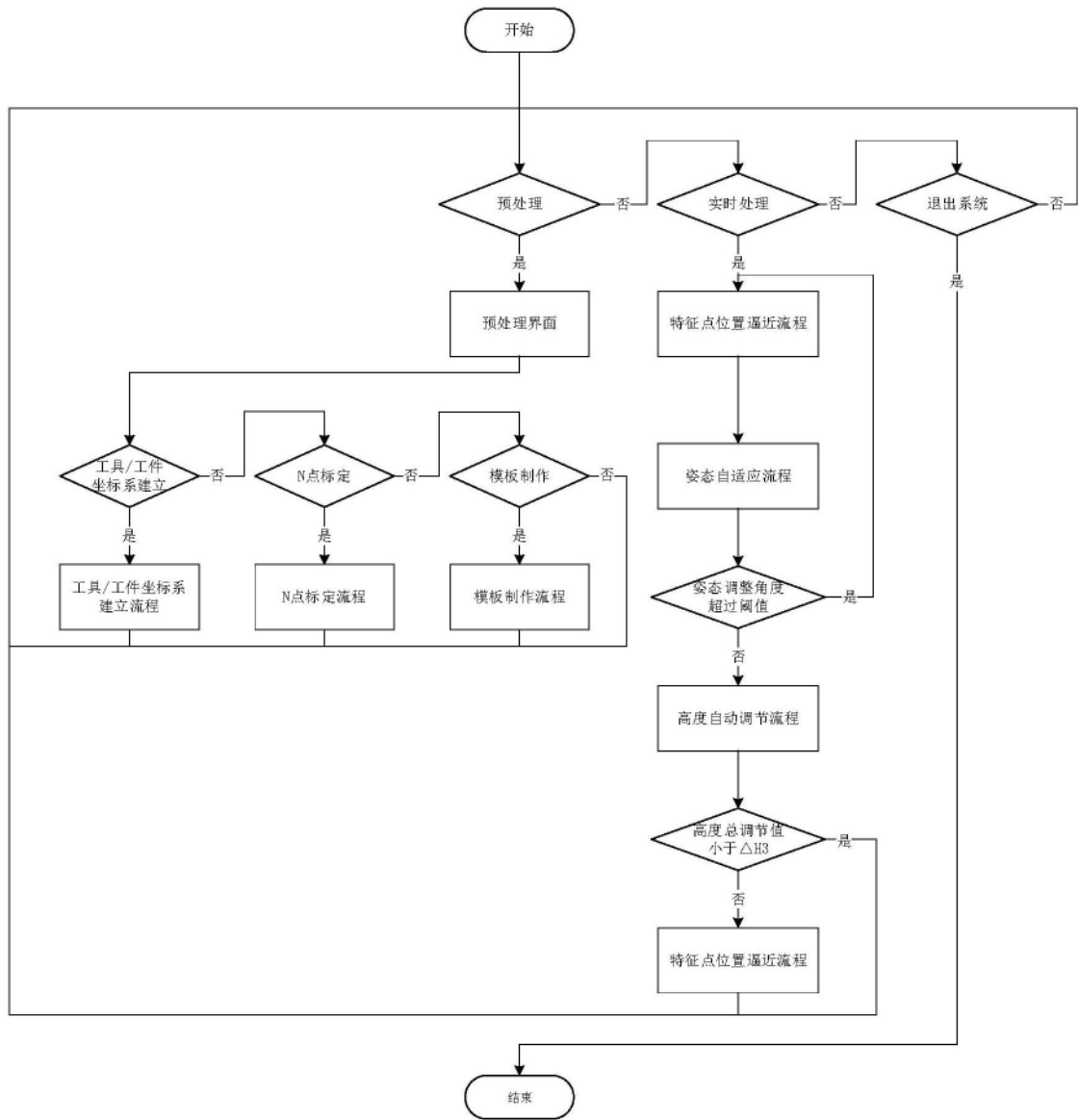


图3

* * *
* * *
* * *

图4

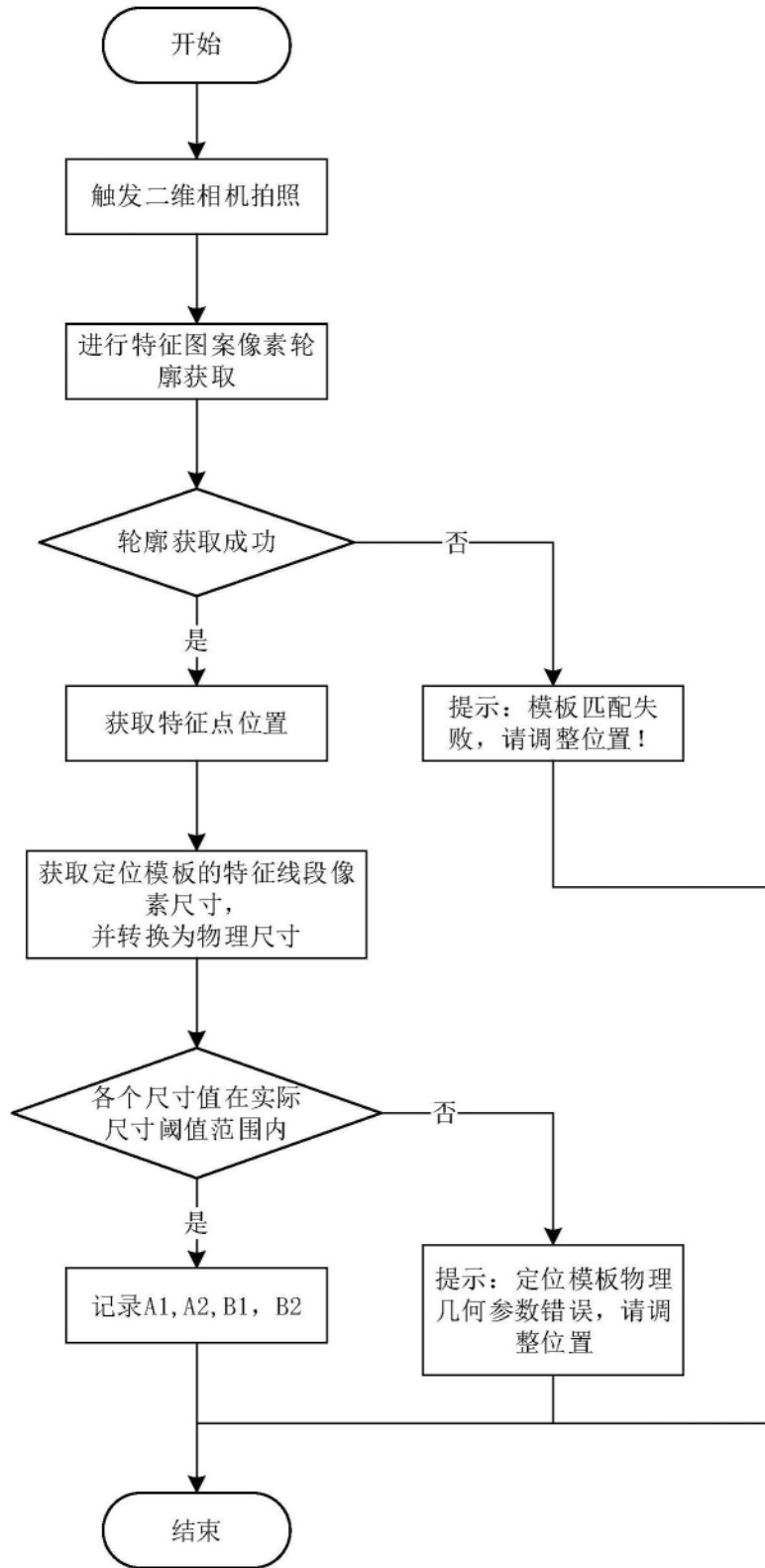


图5

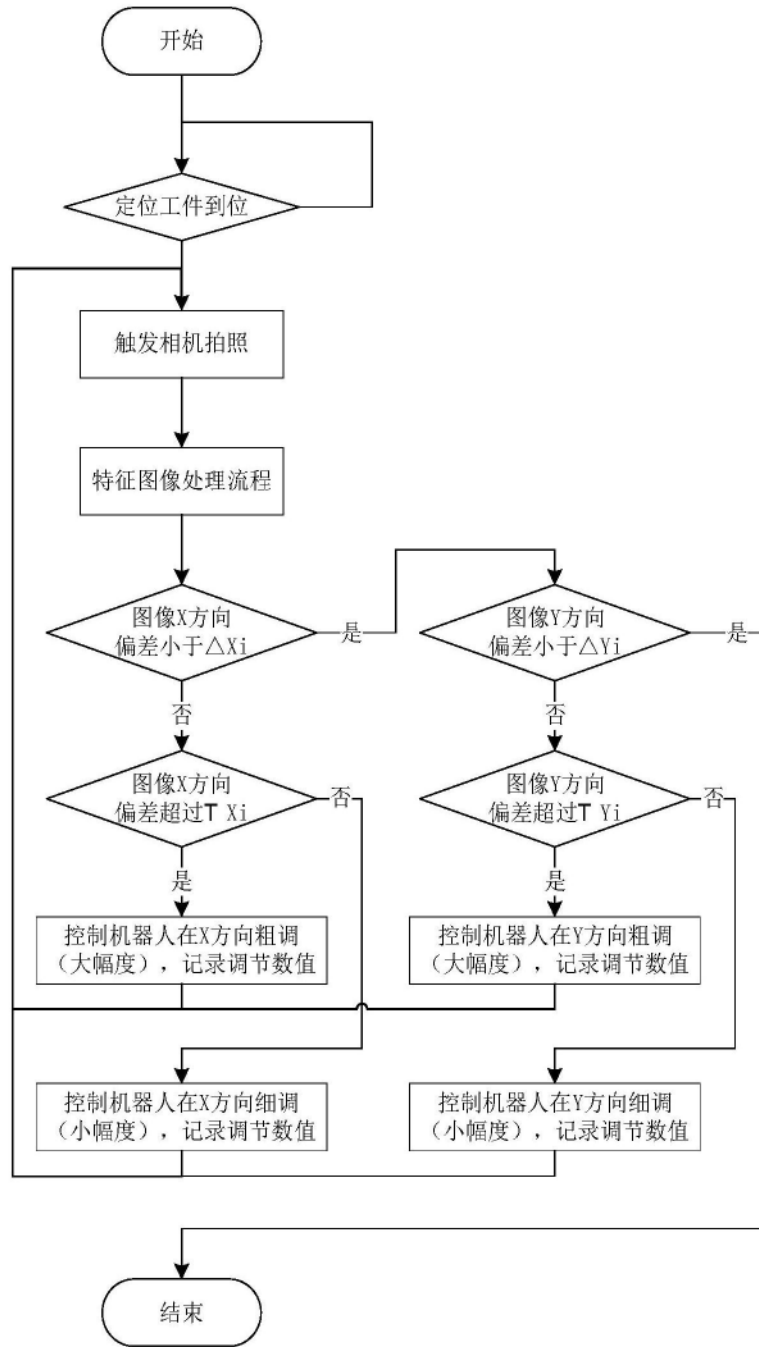


图6

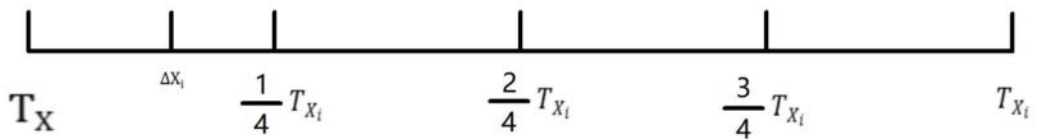


图7

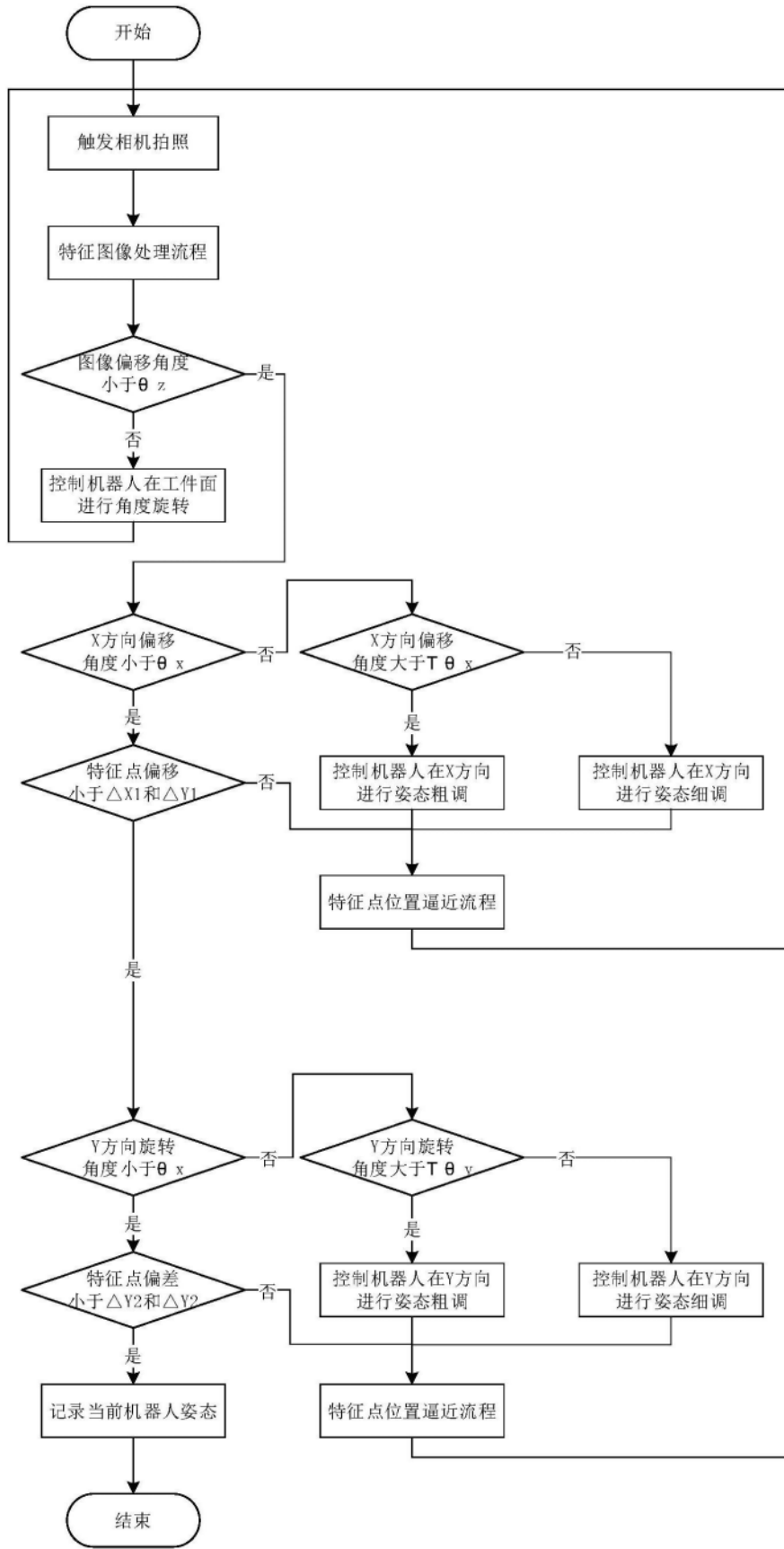


图8

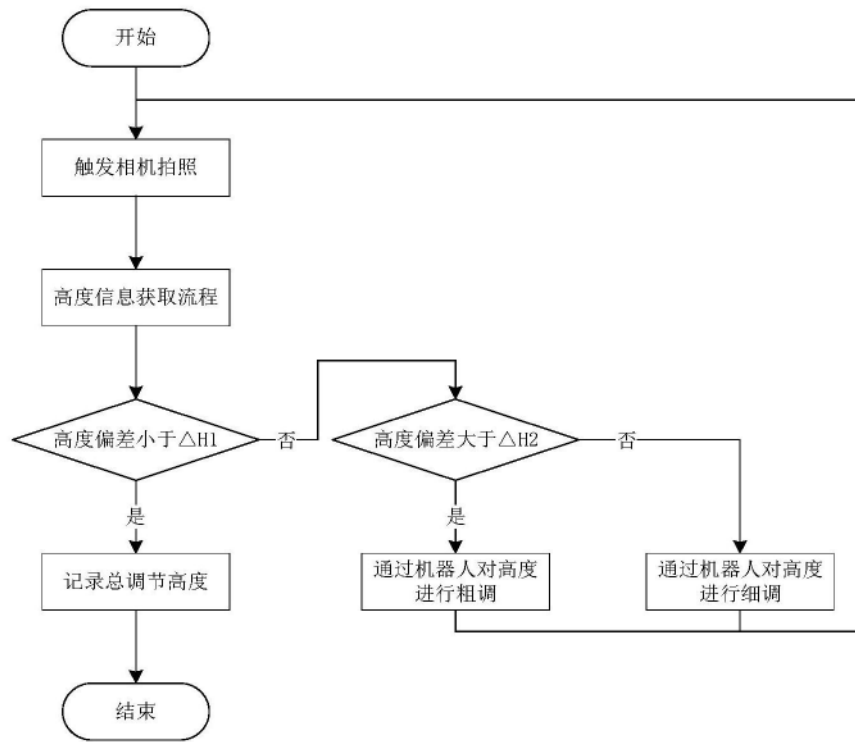


图9