



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109605157 B

(45)授权公告日 2019.11.12

(21)申请号 201811459512.9

(22)申请日 2018.11.30

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109605157 A

(43)申请公布日 2019.04.12

(73)专利权人 华中科技大学
地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号
专利权人 襄阳华中科技大学先进制造工程
研究院
苏州华数机器人有限公司

(72)发明人 陈庚 向华 禹辉 陈吉红
林仁刚

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 张彩锦 曹葆青

(51)Int.Cl.

B24B 9/00(2006.01)

B24B 1/00(2006.01)

B24B 51/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 103673916 A,2014.03.26,

EP 1254738 A2,2002.11.06,

CN 108362240 A,2018.08.03,

CN 105127862 A,2015.12.09,

CN 101462255 A,2009.06.24,

CN 101234479 A,2008.08.06,

CN 104972362 A,2015.10.14,

审查员 刘南

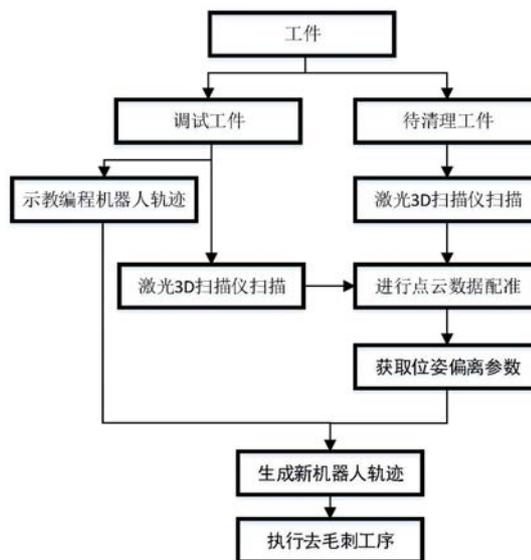
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种基于3D激光扫描仪的机器人毛刺清理方法

(57)摘要

本发明属于自动化加工领域,并具体公开了一种基于3D激光扫描仪的机器人去毛刺方法,包括如下步骤:机器人抓取调试工件按照预设轨迹在3D激光扫描仪视野范围内运动获取调试工件轮廓点云数据 P_{r_i} ;调试工件运动至刀具处进行示教编程获得去毛刺轨迹点坐标 P_j ;采用同样方式抓取待清理工件在3D激光扫描仪视野范围内运动,获取待清理工件点云数据 P_{w_i} ;将 P_{r_i} 和 P_{w_i} 转换至机器人末端坐标系下并配准获取位置偏差矩阵 T 和姿态偏差矩阵 R ;利用 T 和 R 对 P_j 进行修正,获得修正后的去毛刺轨迹点坐标 P_j' ;机器人根据 P_j' 夹持待清理工件相对刀具运动实现去毛刺处理。本发明具有自动化程度较高、零件去毛刺后一致性好、提高去毛刺效率和合格率、减少粉尘对环境污染等优点。



1. 一种基于3D激光扫描仪的机器人毛刺清理方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1机器人抓取调试工件并带动调试工件按照预设的轨迹在3D激光扫描仪的视野范围内运动,以此通过3D激光扫描仪获取调试工件轮廓的点云数据 $P_{r_i}, i=1, 2, \dots, n$;

S2机器人带动调试工件运动至刀具处以进行示教编程,获得机器人去毛刺轨迹点位姿坐标 $P_j, j=1, 2, \dots, t$;

S3机器人采用与步骤S1同样的抓取及运动轨迹带动待清理工件在3D激光扫描仪的视野范围内运动,获取待清理工件轮廓的点云数据 $P_{w_i}, i=1, 2, \dots, n$;

S4将调试工件点云数据 P_{r_i} 和待清理工件点云数据 P_{w_i} 转换至机器人末端坐标系下,并将转换后的待清理工件的点云数据 P_{w_i} 与调试工件的点云数据 P_{r_i} 进行配准处理,以获取工件的位置偏差矩阵 T 和姿态偏差矩阵 R ;

S5利用位置偏差矩阵 T 和姿态偏差矩阵 R 对机器人去毛刺轨迹点位姿坐标 P_j 进行修正,获得待清理工件的机器人去毛刺轨迹点位姿坐标 P_j' :

$$P_j' = R \times P_j + T$$

S6机器人按照待清理工件的去毛刺轨迹点坐标 P_j' 带动待清理工件相对于刀具运动,在刀具的作用下完成待清理工件的毛刺处理。

2. 如权利要求1所述的基于3D激光扫描仪的机器人毛刺清理方法,其特征在于,具体采用ICP点云配准算法将转换后的待清理工件的点云数据 P_{w_i} 与调试工件的点云数据 P_{r_i} 进行配准处理,以获取工件的位置偏差矩阵 T 和姿态偏差矩阵 R 。

3. 如权利要求1所述的基于3D激光扫描仪的机器人毛刺清理方法,其特征在于,所述位置偏差矩阵 T 和姿态偏差矩阵 R 采用如下方式获得:

(1) 采用下式进行迭代:

$$E_d(R, T) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R \times P_{w_i} + T - P_{r_i})$$

(2) 当 $E_d(R, T)$ 小于预设值,迭代停止,此时对应的位置偏差矩阵 T 和姿态偏差矩阵 R 即为所求。

4. 如权利要求1所述的基于3D激光扫描仪的机器人毛刺清理方法,其特征在于,步骤S1之前还包括初始标定步骤,具体为对用于执行去毛刺操作的去毛刺系统进行标定,以获得该系统中3D激光扫描仪坐标系 S 相对于机器人末端坐标系 E 的变换矩阵 T_S^E 、刀具中心点坐标系 $tool$ 相对于机器人基坐标系 B 的变换矩阵 T_{tool}^B 以及机器人末端坐标系 E 相对机器人基坐标系 B 的变换矩阵 T_E^B 。

5. 如权利要求1所述的基于3D激光扫描仪的机器人毛刺清理方法,其特征在于,所述步骤S6具体为:利用 P_j' 及标定的 T_{tool}^B 求机器人运动学逆解,以获得机器人的各关节角,其中 T_{tool}^B 为刀具中心点坐标系 $tool$ 相对于机器人基坐标系 B 的变换矩阵;机器人控制柜根据机器人的各关节角控制机器人的运动,以使机器人按照去毛刺轨迹点坐标 P_j' 带动待清理工件相对于刀具运动,进而通过刀具实现毛刺的准确清理。

6. 如权利要求1-5任一项所述的基于3D激光扫描仪的机器人毛刺清理方法,其特征在于,具体采用下式获得机器人的各关节角: $T_{\text{tool}}^{\text{B}} = T_{\text{E}}^{\text{B}} \times P_j'$, 求出 T_{E}^{B} 矩阵中所包含的机器人各关节的关节角, 其中, $T_{\text{tool}}^{\text{B}}$ 为刀具中心点坐标系tool相对于机器人基坐标系B的变换矩阵, T_{E}^{B} 为机器人末端坐标系E相对机器人基坐标系B的变换矩阵。

一种基于3D激光扫描仪的机器人毛刺清理方法

技术领域

[0001] 本发明属于自动化加工领域,更具体地,涉及一种基于3D激光扫描仪的机器人毛刺清理方法。

背景技术

[0002] 铸件产品广泛应用于汽车、摩托车、航空航天及工程机械等领域,零件在铸造成型后,都要进行毛刺清理工序,铸件毛刺不仅影响工件后续的装夹,而且还降低零件的外观质量,目前铸件毛刺清理主要采用人工手持气动打磨头进行,人工去毛刺不仅效率低、零件一致性差、人工成本高,而且对操作者身体伤害较大。而工业机器人柔性好,可满足不同尺寸的工件、加工效率高、成本较低,因此采用工业机器人代替人工去毛刺是未来的发展趋势。

[0003] 然而,铸造成型用模具的上、下模在合模面上有间隙,同时模具长期使用有磨损,在铸件分型面处有毛刺出现。采用工业机器人示教编程去毛刺,用固定的程序控制机器人显然不能满足要求,存在去毛刺部位有欠切或过切现象,造成铸件产品报废,由于毛刺的存在导致铸件在夹具上安装有偏差,当采用机器人去毛刺时,必须把偏差值反馈到机器人控制系统,调整机器人去毛刺程序的轨迹。

发明内容

[0004] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种基于3D激光扫描仪的机器人毛刺清理方法,其基于3D激光扫描仪获取的前后点云数据获得工件位姿偏差,并利用工件位姿偏差实现毛刺清理轨迹的修正,以此获得准确的机器人毛刺清理轨迹,实现毛刺的精确清理,具有自动化程度高、清理效率高、质量优良等优点,非常适用于汽车、电子等行业有较大批量且需全程自动化的场合。

[0005] 为实现上述目的,本发明提出了一种基于3D激光扫描仪的机器人毛刺清理方法,其包括如下步骤:

[0006] S1机器人抓取调试工件并带动调试工件按照预设的轨迹在3D激光扫描仪的视野范围内运动,以此通过3D激光扫描仪获取调试工件轮廓的点云数据 $P_{r_i}, i=1, 2, \dots, n$;

[0007] S2机器人带动调试工件运动至刀具处以进行示教编程,获得机器人去毛刺轨迹点位姿坐标 $P_j, j=1, 2, \dots, t$;

[0008] S3机器人采用与步骤S1同样的抓取及运动轨迹带动待清理工件在3D激光扫描仪的视野范围内运动,获取待清理工件轮廓的点云数据 $P_{w_i}, i=1, 2, \dots, n$;

[0009] S4将调试工件点云数据 P_{r_i} 和待清理工件点云数据 P_{w_i} 转换至机器人末端坐标系下,并将转换后的待清理工件的点云数据 P_{w_i} 与调试工件的点云数据 P_{r_i} 进行配准处理,以获取工件的位置偏差矩阵 T 和姿态偏差矩阵 R ;

[0010] S5利用位置偏差矩阵 T 和姿态偏差矩阵 R 对机器人去毛刺轨迹点位姿坐标 P_j 进行修正,获得待清理工件的机器人去毛刺轨迹点位姿坐标 P_j' :

[0011] $P_j' = R \times P_j + T$

[0012] S6机器人按照待清理工件的去毛刺轨迹点坐标 P_j' 带动待清理工件相对于刀具运动,在刀具的作用下完成待清理工件的毛刺处理。

[0013] 作为进一步优选的,具体采用ICP点云配准算法将转换后的待清理工件的点云数据 P_{w_i} 与调试工件的点云数据 P_{r_i} 进行配准处理,以获取工件的位置偏差矩阵 T 和姿态偏差矩阵 R 。

[0014] 作为进一步优选的,所述位置偏差矩阵 T 和姿态偏差矩阵 R 采用如下方式获得:

[0015] (1) 采用下式进行迭代:

$$[0016] \quad E_d(R, T) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R \times P_{w_i} + T - P_{r_i})$$

[0017] (2) 当 $E_d(R, T)$ 小于预设值,迭代停止,此时对应的位置偏差矩阵 T 和姿态偏差矩阵 R 即为所求。

[0018] 作为进一步优选的,步骤S1之前还包括初始标定步骤,具体为对用于执行去毛刺操作的去毛刺系统进行标定,以获得该系统中3D激光扫描仪坐标系 S 相对于机器人末端坐标系 E 的变换矩阵 T_S^E 、刀具中心点坐标系 $tool$ 相对于机器人基坐标系 B 的变换矩阵 T_{tool}^B 以及机器人末端坐标系 E 相对机器人基坐标系 B 的位置关系 T_E^B 。

[0019] 作为进一步优选的,所述步骤S6具体为:利用 P_j' 及 T_{tool}^B 求机器人运动学逆解,以获得机器人的各关节角;机器人控制柜根据机器人的各关节角控制机器人的运动,以使机器人按照去毛刺轨迹点坐标 P_j' 带动待清理工件相对于刀具运动,进而通过刀具实现毛刺的准确清理。

[0020] 作为进一步优选的,具体采用下式获得机器人的各关节角: $T_{tool}^B = T_E^B \times P_j'$,求出 T_E^B 矩阵中所包含的机器人各关节的关节角。

[0021] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,主要具备以下的技术优点:

[0022] 1. 本发明首先利用调试工件作为参照物以生成初始毛刺清理轨迹,然后利用3D激光扫描仪获取的前后点云数据获取工件位姿偏差,并基于工件位姿偏差实现初始毛刺清理轨迹的修正,以此获得准确的机器人毛刺清理轨迹,实现毛刺的精确清理。

[0023] 2. 本发明通过机器人自动夹持工件至3D激光扫描仪及刀具处,由于工件周边毛刺的存在,导致自动夹取有误差,采用该方法可大大减少工件在机器人夹具上的夹持误差,适用于机器人去毛刺中工件装夹定位不准确的情况。

[0024] 3. 本发明通过利用工件位姿偏差对毛刺清理轨迹的修正,相比仅仅采用工业机器人示教编程去毛刺,在去毛刺部位不会出现欠切或过切现象,铸件去毛刺产品合格率大幅提升。

附图说明

[0025] 图1是基于3D激光扫描仪的机器人毛刺清理系统;

[0026] 图2是基于3D激光扫描仪的机器人毛刺清理方法的流程图。

具体实施方式

[0027] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0028] 图1是基于3D激光扫描仪的机器人毛刺清理系统,如图1所示,包括工业机器人系统、3D激光扫描仪4和高速电主轴系统,其中工业机器人系统包括工业机器人1、机器人控制柜5和示教盒,工业机器人1通过固定支座6安装在地面基础上,用以防止机器人在运动过程中发生晃动,影响去毛刺的精度,该工业机器人1由机器人控制柜5控制,通过示教盒实现机器人轨迹示教。3D激光扫描仪4安装在机器人旁侧,其通过扫描仪固定装置3安装在地面基础上。高速电主轴系统由高速电主轴2,变频器及刀具8组成,变频器用于控制电主轴的转速,刀具安装在电主轴的末端,用于去除铸件表面的毛刺。整个机器人毛刺清理系统由安全护栏7包围住,防止毛刺的飞溅且可保证去毛刺过程中的安全性。机器人去毛刺系统通过上位机软件和PLC与机器人控制柜5、3D激光扫描仪及高速电主轴系统连接,完成与工业机器人去毛刺系统的通讯控制工作。

[0029] 以上所描述的是基于3D激光扫描仪的机器人去毛刺系统的基本结构,基于以上结构进行如下去毛刺工作:

[0030] (1) 机器人去毛刺系统的标定

[0031] 首先,对机器人与3D激光扫描仪进行标定,获取3D激光扫描仪坐标系S相对机器人法兰中心坐标系(机器人末端坐标系)E的变换矩阵 T_S^E ,变换矩阵采用现有常规标定方法进行标定,在此不赘述;

[0032] 其次,对工业机器人基坐标系B与刀具坐标系tool进行标定,采用激光跟踪仪进行标定,具体为先把激光跟踪仪测量坐标系和机器人基坐标系进行统一,然后用激光跟踪仪测量工具刀心点坐标系的位姿,得到刀具坐标系相对机器人基坐标系矩阵 T_{tool}^B ;

[0033] 最后,用激光跟踪仪对工业机器人的运动学参数(如连杆长度、偏距等)进行标定,提高机器人的绝对定位精度,同时基于已标定的运动学参数建立机器人法兰中心点坐标系E相对机器人基坐标系B的运动学关系 T_E^B ,该运动学关系 T_E^B 中包含有待辨识的机器人各关节的关节角。

[0034] (2) 调试及正式去毛刺阶段

[0035] 如图2所示,本发明实施例调试及正式去毛刺阶段步骤如下,包括如下步骤:

[0036] S1启动工业机器人抓取料框中任意工件(以下简称“调试工件”,其与“待清理工件”为同批次工件),工业机器人抓取调试工件移至3D激光扫描仪下,在3D激光扫描仪的视野范围内,根据调试工件轮廓尺寸,调整工业机器人按照预设的轨迹进行运动,通过3D激光扫描仪的扫描获取调试工件的点云数据 $Pr_i \in R^3, i=1, 2, \dots, n, n$ 为点云数据获取量,可根据需要进行设定;

[0037] S2工业机器人带着调试工件移动至高速电主轴系统刀具处,刀具切削刃与毛刺表面接触并能完全去除毛刺为止,在示教盒中记录此时的机器人的位姿值 P_1 ,按同样方法获得机器人去毛刺全部轨迹点位姿值 $P_j (j=1,2,\dots,t)$, t 为位姿点数,可以根据去毛刺的外观质量选择位姿点数量;

[0038] S3采用与步骤S1相同的抓取方式,抓取料框中待清理的工件(以下简称待清理工件),移动待清理工件至3D激光扫描仪的视野范围内,工业机器人按照预设轨迹进行运动(机器人运动轨迹与步骤S1一致),通过3D激光扫描仪的扫描获取待清理工件轮廓的点云数据 $P_{w_i} \in R^3, i=1,2,\dots,n$, n 为点云数据获取量,与调试工件点云数据量保持一致;

[0039] S4把调试工件点云数据 P_{r_i} 和待清理工件点云数据 P_{w_i} 统一到机器人法兰中心坐标系 E 下,具体的可利用标定的变换矩阵 T_S^E 将点云数据 P_{r_i} 和 P_{w_i} 转换至坐标系 E 下;

[0040] S5采用ICP(interative closet point)点云配准算法将转换后的待清理工件的点云数据集 P_{w_i} 与调试工件的点云数据集 P_{r_i} 进行配准处理,获取工件的位置偏差矩阵 T 和姿态偏差矩阵 R ,其计算过程如下:

$$[0041] \quad E_d(R, T) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R \times P_{w_i} + T - P_{r_i})$$

[0042] 其中, n 为点云数据获取量, P_{r_i} 和 P_{w_i} 为统一到机器人法兰中心坐标系 E 下的调试工件点云数据和待清理工件点云数据;根据毛刺清理的精度要求,设置迭代条件 $E_d(R, T)$,即 $E_d(R, T)$ 小于一个具体值的时候,迭代停止,此时对应的位置偏差矩阵 T 和姿态偏差矩阵 R 即为所求,本发明中优选 $E_d(R, T)$ 为0.1mm;

[0043] S6利用工件位姿偏差值 (R, T) 对机器人运动轨迹点 P_j 进行修正,获得当前待清理工件的工业机器人毛刺清理轨迹点位姿值 P_j' (即修正后的轨迹点位姿值):

$$[0044] \quad P_j' = R \times P_j + T$$

[0045] S7机器人根据待清理工件的去毛刺轨迹点坐标 P_j' 带动待清理工件相对于刀具运动,在刀具的作用下完成待清理工件的去毛刺工作。

[0046] 具体的,利用修正后的轨迹点位姿值 P_j' 及 T_{tool}^B 求机器人运动学逆解,并把获得的机器人关节角 $\theta_i (\theta_i \in R^6, i=1,2,\dots,6)$ 传输至机器人控制系统中,控制工业机器人运动,达到对铸件毛刺的准确清理。利用修正后的轨迹点位姿值 P_j' 及 T_{tool}^B 求机器人运动学逆解具体为: $T_{tool}^B = T_E^B \times P_j'$,求出 T_E^B 矩阵中所包含的机器人各关节的关节角 θ_i 。

[0047] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

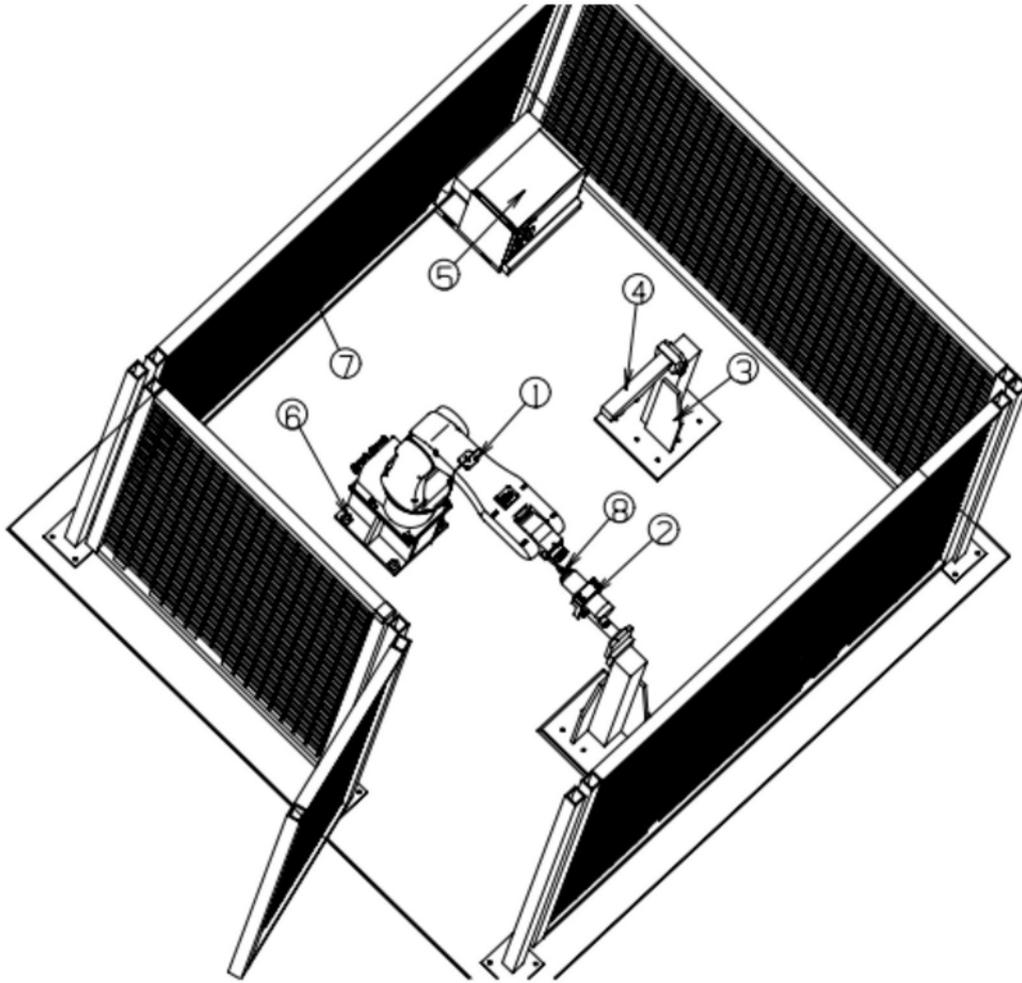


图1

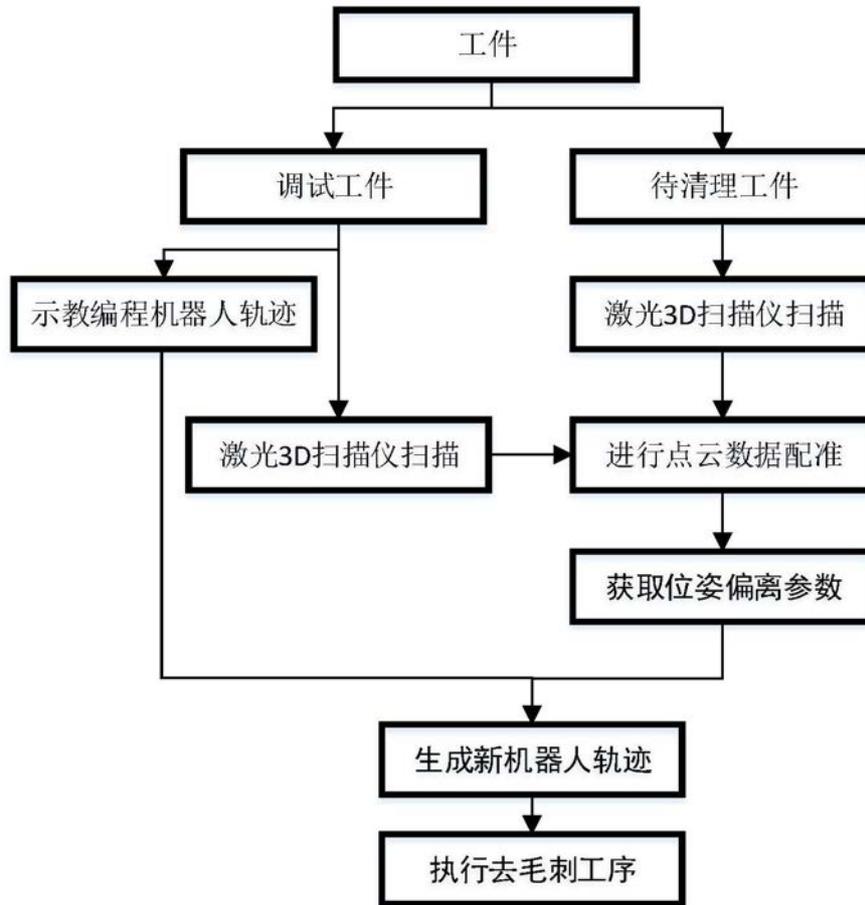


图2