



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110524581 A

(43)申请公布日 2019.12.03

(21)申请号 201910872316.2

B25J 11/00(2006.01)

(22)申请日 2019.09.16

B23K 9/32(2006.01)

(71)申请人 西安中科光电精密工程有限公司  
地址 710077 陕西省西安市高新区丈八五路二号现代企业中心东区工业厂房3栋3层10302室

(72)发明人 赵晓进 吴易明 王永旺 王汉晨  
黄荣 董林佳 陈武强 摆冬冬  
于龙飞 靳亚丽 李柏杨 张尚玉

(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 姚咏华

(51)Int.Cl.  
B25J 19/04(2006.01)  
B25J 9/16(2006.01)

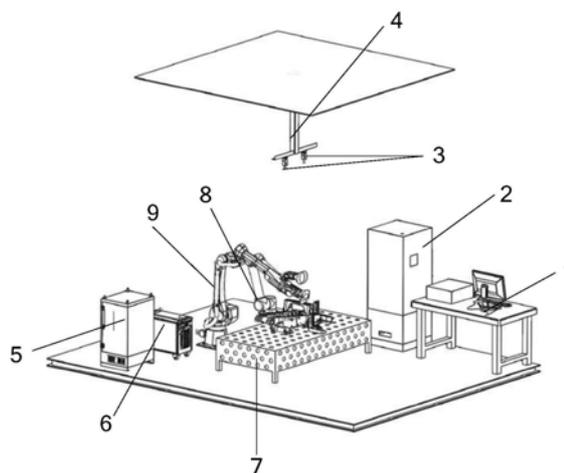
权利要求书3页 说明书7页 附图7页

(54)发明名称

一种柔性焊接机器人系统及其焊接方法

(57)摘要

本发明公开了一种柔性焊接机器人系统及其焊接方法,包括:全局视觉单元识别待焊接工件图像信息并定位待焊接工件位置;柔性焊接机器人单元通过精定位视觉组件对待焊接工件位置进行精确识别,图像处理控制机解算焊接路径,柔性焊接机器人进行焊接作业;柔性检测机器人单元通过立体视觉检测组件识别已焊接工件外形几何尺寸及质量,根据用户设置的参数信息生成焊接质量报告,并将焊接偏差超过阈值位置及偏差量信息传递至柔性焊接机器人进行补焊;总控单元执行图像处理、数据通信以及焊接机器人和检测机器人的运动控制;工作台单元对不同种类焊接工件的快速装夹。解决了焊接作业对工人身体造成的危害,实现了柔性焊接机器人系统的高度柔性、智能化。



1. 一种柔性焊接机器人系统,其特征在于,包括:

全局视觉单元,识别待焊接工件图像信息并定位待焊接工件位置,将识别的图像信息采集并传递至总控单元;

柔性焊接机器人单元,通过精定位视觉组件对待焊接工件位置进行精确识别,将获取的图像信息经过图像处理控制机进行处理,解算出对待焊接工件的焊接路径,柔性焊接机器人按照焊接路径进行焊接作业;

柔性检测机器人单元,通过立体视觉检测组件识别已焊接工件外形几何尺寸及质量,根据用户设置的参数信息生成焊接质量报告,并将焊接偏差超过阈值位置及偏差量信息传递至柔性焊接机器人进行补焊;

总控单元,执行图像处理、数据通信以及焊接机器人和检测机器人的运动控制;

工作台单元,用于对不同种类焊接工件的快速装夹。

2. 根据权利要求1所述的一种柔性焊接机器人系统,其特征在于,所述全局视觉单元包括全局视觉组件(3),全局视觉组件(3)为双目视觉组件、多目视觉组件、单目多位置运动组件、结构光扫描组件或激光扫描组件,所述双目、多目视觉组件为两个或多个相机,所述单目多位置运动组件为相机安装在运动机构上,所述结构光扫描组件为激光器。

3. 根据权利要求1所述的一种柔性焊接机器人系统,其特征在于,所述精定位视觉组件和立体视觉检测组件为工业相机或CCD/CMOS传感器组成的图像采集电路;

所述CCD/CMOS传感器组成的图像采集电路包括依次连接的CCD/CMOS传感器、传感器信号接收电路、信号解析电路和通讯接口电路,电源电路连接CCD/CMOS传感器、传感器信号接收电路、信号解析电路和通讯接口电路。

4. 根据权利要求1所述的一种柔性焊接机器人系统,其特征在于,所述柔性焊接机器人单元包括柔性焊接机器人(10)、精定位视觉组件(11)和焊枪(12),所述柔性焊接机器人(10)通过转接台固定于地面,精定位视觉组件(11)和焊枪(12)安装在柔性焊接机器人(10)前端,在柔性焊接机器人(10)右侧放置焊机(6);

所述柔性检测机器人单元包括柔性检测机器人(8)和立体视觉检测组件(9),立体视觉检测组件(9)固定在柔性检测机器人(8)手臂前端。

5. 根据权利要求1所述的一种柔性焊接机器人系统,其特征在于,所述总控单元包括人机交互工作台(1)、图像处理控制机(2)和机器人控制箱(5),所述人机交互工作台(1)分别连接图像处理控制机(2)和焊接机器人控制箱(5),机器人控制箱(5)连接柔性检测机器人(8)和柔性焊接机器人(10);

所述工作台单元包括多功能焊接工作台(7)和夹紧工装(14),待焊接工件(13)放置在多功能焊接工作台(7)台面上,所述夹紧工装(14)夹紧在待焊接工件(13)的预置夹紧位。

6. 一种权利要求1-5任一项所述的柔性焊接机器人的焊接方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1,将待焊接工件通过夹紧工装固定多功能焊接工作台上,启动人机交互工作台并将三维模型或实测标准模型信息导入,并通过人机交互工作台定义焊接特征,根据上述三维模型或者实测标准模型生成精定位测量工件关键特征点,确认自动形成理论焊接路径;

步骤2,全局视觉组件识别工件生成关键特征点,并自动校正生成实际精定位测量路

径,机器人控制箱接收图像处理控制机发出的测量指令,使得精定位视觉组件按照实际精定位测量路径进行自动扫描测量,并输出三维点云信息,最终通过坐标转换解算出各关键特征点空间坐标值;

步骤3,总控单元通过待焊接工件实际特征测量坐标,并根据实际测量结果进行理论焊接路径校正,最终形成实际的焊接规划路径,在人机交互工作台上通过模拟焊接路径判断焊接任务是否正确无误,进而执行实际焊接任务;

步骤4,焊接完成后,机器人控制箱接收到图像处理控制机的调度指令后控制机器人按照检测路径运动,通过立体视觉检测组件采集图像信息,利用视差图生成三维点云数据并进行处理,最终提取出焊缝外观特征信息并计算出焊缝的对应特征;

步骤5,将计算出的焊缝对应特征与预先设置的工艺参数进行对比,判断焊接外观质量是否合格,如果不合格,记录不合格位置及特征,进行坐标转换,并将路径信息传递至机器人控制箱进行补焊操作,重复上述步骤直至焊缝外观质量合格,输出检测结果。

7.根据权利要求6所述的柔性焊接机器人的焊接方法,其特征在于,所述步骤2中,全局视觉组件识别待焊接工件生成关键特征点并自动校正生成实际精定位测量路径的算法,包括如下步骤:

21) 全局视觉组件对待焊接工件进行识别,并判断该待焊接工件与三维模型或实测标准模型是否一致;

22) 如果一致,进行步骤23),如果不一致提醒用户进行确认,如果用户确认一致,继续执行23),如果用户确认不一致,则重复执行21)并检查系统和硬件状态;

23) 根据全局视觉组件识别工件的ROI提取出工件的关键特征,通过三角交汇测量解算出关键特征的三维坐标;

24) 根据全局视觉定位的测量结果,进行坐标转换,将提取的特征点坐标转换成精定位测量路径;

25) 根据精定位测量路径,控制柔性焊接机器人引导精定位视觉组件工作;

26) 控制精定位视觉组件采集待焊接工件的图像信息;

27) 对采集的图像信息进行处理,利用视差图获得待测工件的三维点云数据;

28) 对三维点云进行处理,利用深度学习卷积神经网络的算法,提取点云中的焊缝特征,采用的神经网络结构包括4个卷积层、1个局部响应归一化层、2个池化层、1个全连接分类层和1个Softmax层,在Caff框架下实现;

29) 对焊缝特征进行拟合处理,获取焊缝的起始点和终止点坐标;

210) 坐标转换,将焊接的起始点和终止点坐标转换到焊接机器人坐标系下。

8.根据权利要求6所述的柔性焊接机器人的焊接方法,其特征在于,所述步骤3的具体操作流程包括如下步骤:

31) 将步骤2的测量结果对步骤1定义的焊接作业路径进行校正,生成实际的焊接作业路径及焊接质量检测路径;

32) 将处理的结果通过交互界面显示给用户进行确认;

33) 用户可以通过模拟焊接操作验证测量结果的准确性;

34) 如果步骤33)正确,用户通过实际焊接操作启动焊接机器人工作;

35) 控制焊接机器人沿校正后的实际焊接路径进行运动,引导焊接机器人运动到焊缝

的起始点进行起弧,根据电流反馈判断起弧是否成功;如果起弧成功执行步骤36),如果起弧识别报警提醒用户检修;

36) 起弧成功后,控制柔性焊接机器人沿实际焊接路径运动,到焊缝终止点进行灭弧,完成焊接作业。

9. 根据权利要求6所述的柔性焊接机器人的焊接方法,其特征在于,所述步骤4中,提取焊缝外观特征信息并计算出焊缝的对应特征是基于深度学习卷积神经网络实现的,包括如下步骤:

41) 构建神经网络模型:采用的神经网络结构包括4个卷积层、1个局部响应归一化层、2个池化层、1个全连接分类层和1个Softmax层,在Caff框架下实现;

42) 制作训练数据集和测试数据集:待焊接工件焊缝的类型有搭接焊缝、直角焊缝、深V型焊缝和对接焊缝,根据焊缝类型对三维点云数据进行特征标记和分类;

43) 利用制作的数据集进行监督学习,训练神经网络模型的参数,使用随机梯度下降法更新权值;

44) 将三维点云数据送入神经网络,提取出焊缝;

45) 对提取出的焊缝进行拟合处理,计算出焊缝的起始点和终止点。

10. 根据权利要求6所述的柔性焊接机器人的焊接方法,其特征在于,所述步骤5的具体操作流程包括如下步骤:

51) 根据步骤1)中载入工件的三维模型或者实测标准模型,获取焊缝的焊接的包括焊缝焊接宽度和高度工业参数;

52) 对步骤4)中提取的焊缝进行拟合处理,拟合出焊脚、余高所在平面,解算焊缝焊接包括宽度、高度信息参数;

53) 比对工艺参数,提取出焊接不合格的位置;

54) 对不合格的焊接位置进行凹坑和焊瘤分类;

55) 根据处理结果,生成焊接质量检测报告;

56) 根据焊接质量报告中的不合格位置,引导焊接机器人进行补焊操作。

## 一种柔性焊接机器人系统及其焊接方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于焊接机器人技术领域,具体涉及一种柔性焊接机器人系统及其焊接方法。

### 背景技术

[0002] 在生产制造行业中,焊接是各个工件之间最常用的连接方式之一,在对工件进行焊接时,需要预先将工件进行定位,由于不同工件的形状差异比较大,现场工人需要针对工件下料、组对、装夹位置偏差进行大量的示教工作,使用极其不方便;此外,现有焊接作业常常需要工人配合手动操作,而焊接过程中会产生大量的热量、辐射、有毒气体等,对工人的身体造成比较大的伤害,因此,通过焊接机器人来完成焊接工作,是未来焊接行业的趋势。

[0003] 柔性焊接机器人系统是将工业机器人技术和柔性制造有机结合,可有效降低对现场人员数量和技能要求,不仅使企业节约了产品工艺开发、设备采购及运营成本,大大提高了产品质量和生产效率,而且最大限度的减少了焊接对工人身体造成的伤害。相比于过去传统的手工焊接,柔性焊接机器人使得产品加工向全自动、高柔性、智能化的方向转变。

[0004] 因此,研制具有自动化程度高、高度柔性、免示教功能的焊接机器人系统,对焊接机器人行业具有重要意义。

### 发明内容

[0005] 为解决现有技术中存在的上述缺陷,本发明的目的在于提供一种柔性焊接机器人系统及其焊接方法,该系统具有高度柔性、智能化、高效率、高品质、免示教的特点。

[0006] 本发明是通过下述技术方案来实现的。

[0007] 本发明提供了一种柔性焊接机器人系统,包括:

[0008] 全局视觉单元,识别待焊接工件图像信息并定位待焊接工件位置,将识别的图像信息采集并传递至总控单元;

[0009] 柔性焊接机器人单元,通过精定位视觉组件对待焊接工件位置进行精确识别,将获取的图像信息经过图像处理控制机进行处理,解算出对待焊接工件的焊接路径,柔性焊接机器人按照焊接路径进行焊接作业;

[0010] 柔性检测机器人单元,通过立体视觉检测组件识别已焊接工件外形几何尺寸及质量,根据用户设置的参数信息生成焊接质量报告,并将焊接偏差超过阈值位置及偏差量信息传递至柔性焊接机器人进行补焊;

[0011] 总控单元,执行图像处理、数据通信以及焊接机器人和检测机器人的运动控制;

[0012] 工作台单元,用于对不同种类焊接工件的快速装夹。

[0013] 优选的,所述精定位视觉组件和立体视觉检测组件为工业相机或CCD/CMOS传感器组成的图像采集电路;

[0014] 所述CCD/CMOS传感器组成的图像采集电路包括依次连接的CCD/CMOS传感器、传感器信号接收电路、信号解析电路和通讯接口电路,电源电路连接CCD/CMOS传感器、传感器信

号接收电路、信号解析电路和通讯接口电路。

[0015] 优选的,所述柔性焊接机器人单元包括柔性焊接机器人、精定位视觉组件和焊枪;

[0016] 所述柔性焊接机器人通过转接台固定于地面,精定位视觉组件和焊枪安装在柔性焊接机器人前端,在柔性焊接机器人右侧放置焊机;

[0017] 所述柔性检测机器人单元包括柔性检测机器人和立体视觉检测组件,立体视觉检测组件固定在柔性检测机器人手臂前端。

[0018] 优选的,所述总控单元包括人机交互工作台、图像处控制机和机器人控制箱,所述人机交互工作台分别连接图像处理控制机和焊接机器人控制箱,机器人控制箱连接柔性检测机器人和柔性焊接机器人。

[0019] 优选的,所述工作台单元包括多功能焊接工作台和夹紧工装,待焊接工件放置在多功能焊接工作台台面上,所述夹紧工装夹紧在待焊接工件的预置夹紧位。

[0020] 本发明进而提供了一种柔性焊接机器人的焊接方法,包括如下步骤:

[0021] 步骤1,将待焊接工件通过夹紧工装固定在多功能焊接工作台上,启动人机交互工作台并将三维模型或实测标准模型信息导入,并通过人机交互工作台定义焊接特征,根据上述三维模型或者实测标准模型生成精定位测量工件关键特征点,确认自动形成理论焊接路径;

[0022] 步骤2,全局视觉组件识别工件生成关键特征点,并自动校正生成实际精定位测量路径,机器人控制箱接收图像处理控制机发出的测量指令,使得精定位视觉组件按照实际精定位测量路径进行自动扫描测量,并输出三维点云信息,最终通过坐标转换解算出各关键特征点空间坐标值;

[0023] 步骤3,总控单元通过待焊接实际特征测量坐标,并根据实际测量结果进行理论焊接路径校正,最终形成实际的焊接规划路径,在人机交互工作台上通过模拟焊接路径判断焊接任务是否正确无误,进而执行实际焊接任务;

[0024] 步骤4,焊接完成后,机器人控制箱接收到图像处理控制机的调度指令后控制机器人按照检测路径运动,通过立体视觉检测组件采集图像信息,利用视差图生成三维点云数据并进行处理,最终提取出焊缝外观特征信息并计算出焊缝的对应特征;

[0025] 步骤5,将计算出的焊缝对应特征与预先设置的工艺参数进行对比,判断焊接外观质量是否合格,如果不合格,记录不合格位置及特征,进行坐标转换,并将路径信息传递至机器人控制箱进行补焊操作,重复上述步骤直至焊缝外观质量合格,输出检测结果。

[0026] 优选的,所述步骤2中,全局视觉组件识别待焊接工件生成关键特征点并自动校正生成实际精定位测量路径的算法,包括如下步骤:

[0027] 21) 全局视觉组件对待焊接工件进行识别,并判断该待焊接工件与三维模型或实测标准模型是否一致;

[0028] 22) 如果一致,进行步骤23),如果不一致提醒用户进行确认,如果用户确认一致,继续执行23),如果用户确认不一致,则重复执行21)并检查系统和硬件状态;

[0029] 23) 根据全局视觉组件识别工件的ROI提取出工件的关键特征,通过三角交汇测量解算出关键特征的三维坐标;

[0030] 24) 根据全局视觉定位的测量结果,进行坐标转换,将提取的特征点坐标转换成精定位测量路径;

- [0031] 25) 根据精定位测量路径,控制柔性焊接机器人引导精定位视觉组件工作;
- [0032] 26) 控制精定位视觉组件采集待焊接工件的图像信息;
- [0033] 27) 对采集的图像信息进行处理,利用视差图获得待测工件的三维点云数据;
- [0034] 28) 对三维点云进行处理,利用深度学习卷积神经网络的算法,提取点云中的焊缝特征,采用的神经网络结构包括4个卷积层、1个局部响应归一化层、2个池化层、1个全连接分类层和1个Softmax层,在Caff框架下实现;
- [0035] 29) 对焊缝特征进行拟合处理,获取焊缝的起始点和终止点坐标;
- [0036] 210) 坐标转换,将焊接的起始点和终止点坐标转换到焊接机器人坐标系下。
- [0037] 优选的,所述步骤3的具体操作流程包括如下步骤:
- [0038] 31) 将步骤2的测量结果对步骤1定义的焊接作业路径进行校正,生成实际的焊接作业路径及焊接质量检测路径;
- [0039] 32) 将处理的结果通过交互界面显示给用户进行确认;
- [0040] 33) 用户可以通过模拟焊接操作验证测量结果的准确性;
- [0041] 34) 如果步骤33)正确,用户通过实际焊接操作启动焊接机器人工作;
- [0042] 35) 控制焊接机器人沿校正后的实际焊接路径进行运动,引导焊接机器人运动到焊缝的起始点进行起弧,根据电流反馈判断起弧是否成功;如果起弧成功执行步骤36),如果起弧识别报警提醒用户检修;
- [0043] 36) 起弧成功后,控制柔性焊接机器人沿实际焊接路径运动,到焊缝终止点进行灭弧,完成焊接作业。
- [0044] 优选的,所述步骤4中,提取焊缝外观特征信息并计算出焊缝的对应特征是基于深度学习卷积神经网络实现的,包括如下步骤:
- [0045] 41) 构建神经网络模型:采用的神经网络结构包括4个卷积层、1个局部响应归一化层、2个池化层、1个全连接分类层和1个Softmax层,在Caff框架下实现;
- [0046] 42) 制作训练数据集和测试数据集:待焊接工件焊缝的类型有搭接焊缝、直角焊缝、深V型焊缝和对接焊缝,根据焊缝类型对三维点云数据进行特征标记和分类;
- [0047] 43) 利用制作的数据集进行监督学习,训练神经网络模型的参数,使用随机梯度下降法更新权值;
- [0048] 44) 将三维点云数据送入神经网络,提取出焊缝;
- [0049] 45) 对提取出的焊缝进行拟合处理,计算出焊缝的起始点和终止点。
- [0050] 优选的,所述步骤5的具体操作流程包括如下步骤:
- [0051] 51) 根据步骤1)中载入工件的三维模型或者实测标准模型,获取焊缝的焊接的包括焊缝焊接宽度和高度工业参数;
- [0052] 52) 对步骤4)中提取的焊缝进行拟合处理,拟合出焊脚、余高所在平面,解算焊缝焊接包括宽度、高度信息参数;
- [0053] 53) 比对工艺参数,提取出焊接不合格的位置;
- [0054] 54) 对不合格的焊接位置进行凹坑和焊瘤分类;
- [0055] 55) 根据处理结果,生成焊接质量检测报告;
- [0056] 56) 根据焊接质量报告中的不合格位置,引导焊接机器人进行补焊操作。
- [0057] 本发明由于采取以上技术方案,其具有以下有益效果:

[0058] 1. 本发明由于采用了柔性焊接机器人、柔性检测机器人结合立体视觉检测组件的方式,解决了焊接作业对工人身体造成的危害,实现了柔性焊接机器人系统的高度柔性、智能化。

[0059] 2. 本发明由于采用了立体视觉组件结合检测机器人的方式,解决了焊接自动补焊的问题,节约了人工成本、提高了产品质量和生产效率。

[0060] 3. 本发明由于采用了全局视觉组件结合立体视觉组件的方式,解决了现场工人因下料、组对、装夹位置偏差需要大量的人工示教校正工作而引起的严重影响焊接效率的问题,极大的提升了焊接效率、焊接一致性及焊接品质。

## 附图说明

[0061] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,并不构成对本发明的不当限定,在附图中:

[0062] 图1为本发明柔性焊接机器人系统的结构示意图;

[0063] 图2为本发明柔性焊接及检测机器人的结构示意图;

[0064] 图3为嵌入式图像处理电路组成框图;

[0065] 图4为本发明柔性焊接机器人焊接方法流程图;

[0066] 图5为全局视觉组件算法流程图;

[0067] 图6为焊接机器人操作的具体流程图;

[0068] 图7为提取焊缝算法的流程图;

[0069] 图8为焊接质量检测具体操作流程图。

[0070] 图中:1、人机交互工作台;2、图像处理控制机;3、全局视觉组件;4、全局视觉组件固定架;5、机器人控制箱;6、焊机;7、多功能焊接工作台;8、柔性检测机器人;9、立体视觉检测组件;10、柔性焊接机器人;11、精定位视觉组件;12、焊枪;13、待焊接工件;14、夹紧工装。

## 具体实施方式

[0071] 下面将结合附图以及具体实施例来详细说明本发明,在此本发明的示意性实施例以及说明用来解释本发明,但并不作为对本发明的限定。

[0072] 如图1、图2所示,本发明一种柔性焊接机器人系统包括:全局视觉单元、柔性焊接机器人单元、柔性检测机器人单元、总控单元和工作台单元;其中,

[0073] 全局视觉单元包括全局视觉组件3和固定在天花板上的全局视觉组件固定架4,在全局视觉组件固定架4底部固定全局视觉组件3,全局视觉组件3下方设有多功能焊接工作台7,多功能焊接工作台7上设有夹紧工装14夹紧的待焊接工件13,在多功能焊接工作台7旁设有柔性焊接机器人10和柔性检测机器人8,柔性焊接机器人10、柔性检测机器人8和分别连接机器人控制箱5、图像处理控制机2和人机交互工作台,柔性焊接机器人10连接焊机6。

[0074] 如图3所示,其中,精定位视觉组件和立体视觉检测组件为工业相机或CCD/CMOS传感器组成的图像采集电路。CCD/CMOS传感器组成的图像采集电路包括依次连接的CCD/CMOS传感器、传感器信号接收电路、信号解析电路和通讯接口电路,电源电路连接CCD/CMOS传感器、传感器信号接收电路、信号解析电路和通讯接口电路。

[0075] 如图2所示,柔性焊接机器人单元包括通过转接台固定于地面的柔性焊接机器人

10,柔性焊接机器人10通过接收控制系统下发的指令,按照自动解算出的焊接路径进行运动。柔性焊接机器人10前端安装有精定位视觉组件11和焊枪12,精定位视觉组件11对待焊接工件位置进行精确识别,完成图像采集并解算为三维空间信息传递至图像处理控制机。柔性焊接机器人10右侧放置焊机6,焊机6利用正负两极瞬间产生的高温电弧来熔化焊枪12上的焊料进行持续焊接。

[0076] 如图2所示,柔性检测机器人单元包括柔性检测机器人8和固定在柔性检测机器人8手臂前端的立体视觉检测组件9,其中,立体视觉检测组件识别已焊接工件焊缝外形几何尺寸及外观缺陷质量,柔性检测机器人8按照预定的检测路径进行运动,并将获取的焊接特征信息传递至柔性焊接机器人进行自动补焊操作。

[0077] 如图1所示,总控单元包括人机交互工作台1、图像处理控制柜2、焊接机器人控制箱5,其中,图像处理控制柜2和人机交互工作台放置在一侧,机器人控制箱5放置在焊机6的一侧,人机交互工作台1用于人工手动操作处理三维模型或者实测标准模型信息导入、定义相关焊接特征、确认状态及异常状况的操作,图像处理控制柜2用于处理图像数据,生成三维点云及坐标,焊接机器人控制箱5用于进行数据通信及控制焊接和检测机器人的运动。

[0078] 如图2所示,工作台单元包括多功能焊接工作台7,多功能焊接工作台7可适应各类不同焊接工件的夹持焊接,待焊接工件13放置在多功能焊接工作台7台面上,夹紧工装14配合工作台上标准间隔的快速定位孔将待焊接工件13夹紧在多功能焊接工作台7上。

[0079] 如图4所示,本发明相应的给出了一种柔性焊接机器人的焊接方法,步骤如下:

[0080] 步骤1,将待焊接工件通过夹紧工装固定在多功能焊接工作台上,启动人机交互工作台将三维模型或者实测标准模型信息导入,并且通过人工交互方式定义焊接特征,根据上述模型生成理论精定位测量关键点后自动形成理论焊接路径,进行人工确认;

[0081] 步骤2,全局视觉组件识别工件生成关键特征点并自动校正生成实际精定位测量路径,机器人控制箱接收图像处理控制柜测量指令,使得精定位视觉组件按照该路径进行自动扫描测量并输出三维点云信息,最终通过坐标转换解算出各关键特征点空间坐标值。其中,全局视觉组件识别工件生成关键特征点并自动校正生成实际精定位测量路径的算法,如图5所示,具体操作步骤如下:

[0082] 21) 全局视觉组件对待焊接工件进行识别,并判断该待焊接工件与三维模型或者实测标准模型是否一致;

[0083] 22) 如果一致,进行步骤23),如果不一致提醒用户进行确认,如果用户确认一致,继续执行23),如果用户确认不一致,则重复执行21)并检查系统和硬件状态;

[0084] 23) 根据全局视觉组件识别工件的ROI提取出工件的关键特征,通过三角交汇测量解算出关键特征的三维坐标;

[0085] 24) 根据全局视觉定位的测量结果,进行坐标转换,将提取的特征点坐标转换成精定位测量路径。

[0086] 视觉检测组件自动扫描测量并解算关键特征点空间坐标值的算法,如图5所示,具体操作步骤如下:

[0087] 25) 根据精定位测量路径,控制柔性焊接机器人引导精定位视觉组件工作;

[0088] 26) 控制精定位视觉组件,采集待焊接工件的图像信息;

[0089] 27) 对采集的图像信息进行处理,利用视差图获得待测工件的三维点云数据;

[0090] 28) 对三维点云进行处理,利用深度学习卷积神经网络的算法,提取点云中的焊缝特征,采用的神经网络结构包括4个卷积层、1个局部响应归一化层、2个池化层、1个全连接分类层和1个Softmax层,在Caff框架下实现;

[0091] 29) 对焊缝特征进行拟合处理,获取焊缝的起始点和终止点坐标;

[0092] 210) 坐标转换,将焊接的起始点和终止点坐标转换到焊接机器人坐标系下。

[0093] 步骤3,总控单元通过实际特征测量坐标并根据实际测量结果进行理论焊接路径校正,最终形成实际的焊接规划路径,在人机交互工作台处支持人工通过模拟焊接路径判断焊接任务是否正确无误,进而执行实际焊接任务,如图6所示,具体操作步骤如下:

[0094] 31) 将步骤2的测量结果对步骤1定义的焊接作业路径进行校正,生成实际的焊接作业路径及焊接质量检测路径;

[0095] 32) 将处理的结果通过交互界面显示给用户进行确认;

[0096] 33) 用户可以通过模拟焊接操作验证测量结果的准确性;

[0097] 34) 如果步骤33) 正确,用户通过实际焊接操作启动焊接机器人工作;

[0098] 35) 控制焊接机器人沿校正后的实际焊接路径进行运动,引导机器人运动到焊缝的起始点进行起弧,根据电流反馈判断起弧是否成功;如果起弧成功执行步骤36),如果起弧识别报警提醒用户检修;

[0099] 36) 起弧成功后,控制柔性焊接机器人沿实际焊接接路径运动,到焊缝终止点进行灭弧,完成焊接作业。

[0100] 步骤4,焊接完成后,机器人控制箱接收到图像处理控制柜的调度指令控制机器人按照检测路径运动,通过立体视觉检测组件采集图像信息,利用视差图生成三维点云数据并进行处理,最终提取出焊缝外观特征信息并计算出焊缝的对应特征。如图7所示,提取焊缝的算法是基于深度学习卷积神经网络实现的,具体步骤如下:

[0101] 41) 构建神经网络模型:采用的神经网络结构包括4个卷积层、1个局部响应归一化层、2个池化层、1个全连接分类层和1个Softmax层,在Caff框架下实现;

[0102] 42) 制作训练数据集和测试数据集:待焊接工件焊缝的类型有搭接焊缝、直角焊缝、深V型焊缝和对接焊缝等,根据焊缝类型对三维点云数据进行特征标记和分类,数据集大小不小于1000个;

[0103] 43) 利用制作的数据集进行监督学习,训练神经网络模型的参数,训练次数为10000次,权重衰减系数为0.0005,确定的权值参数的学习率为 $10^{-12}$ ,使用随机梯度下降法更新权值;

[0104] 44) 将三维点云数据送入神经网络,可以提取出焊缝;

[0105] 45) 对提取出的焊缝进行拟合处理,计算出焊缝的起始点和终止点。

[0106] 步骤5,将计算出的焊缝对应特征与预先设置的工艺参数进行对比,判断焊接外观质量是否合格,如果不合格,记录不合格位置及特征,进行坐标转换,并将路径信息传递至机器人控制箱进行补焊操作,重复上述步骤直至焊缝外观质量合格,输出检测结果。如图8所示,具体步骤如下:

[0107] 51) 根据步骤1) 中载入工件的三维模型或者实测标准模型,获取焊缝的焊接的工业参数,包括焊缝焊接宽度、高度等信息;

[0108] 52) 对步骤4) 中提取的焊缝进行拟合处理,拟合出焊脚、余高所在平面,解算焊缝

焊接的参数,包括宽度、高度等信息;

[0109] 53) 比对工艺参数,提取出焊接不合格的位置;

[0110] 54) 对不合格的焊接位置进行分类,如凹坑、焊瘤等;

[0111] 55) 根据处理结果,生成焊接质量检测报告;

[0112] 56) 根据焊接质量报告中的不合格位置,引导焊接机器人进行补焊操作。

[0113] 本发明并不局限于上述实施例,在本发明公开的技术方案的基础上,本领域的技术人员根据所公开的技术内容,不需要创造性的劳动就可以对其中的一些技术特征作出一些替换和变形,这些替换和变形均在本发明的保护范围内。

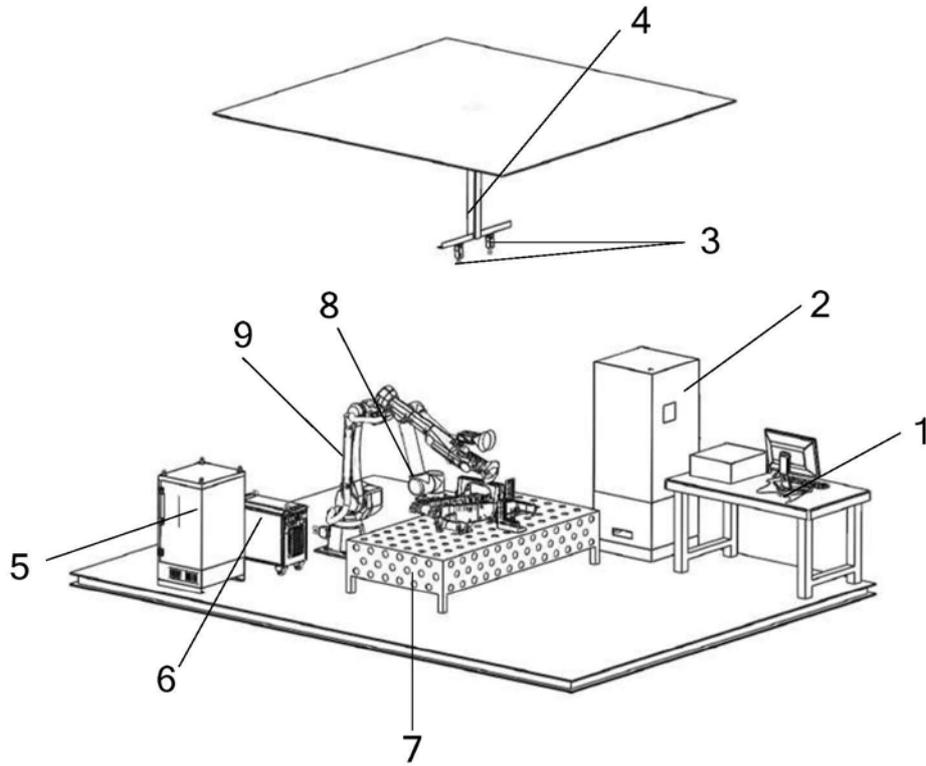


图1

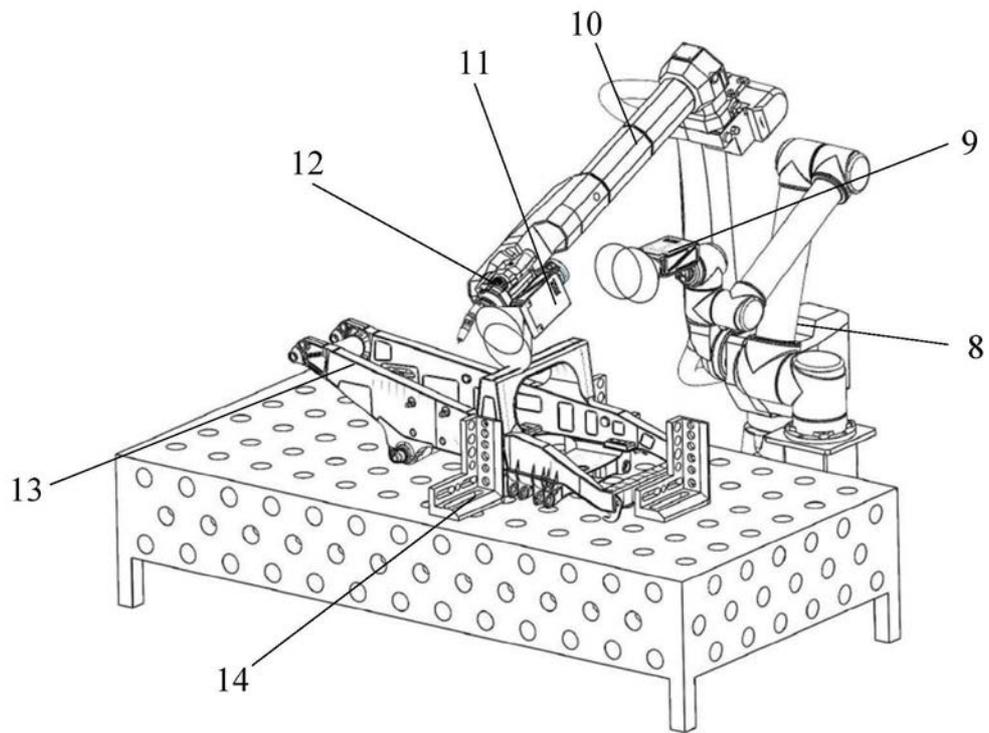


图2

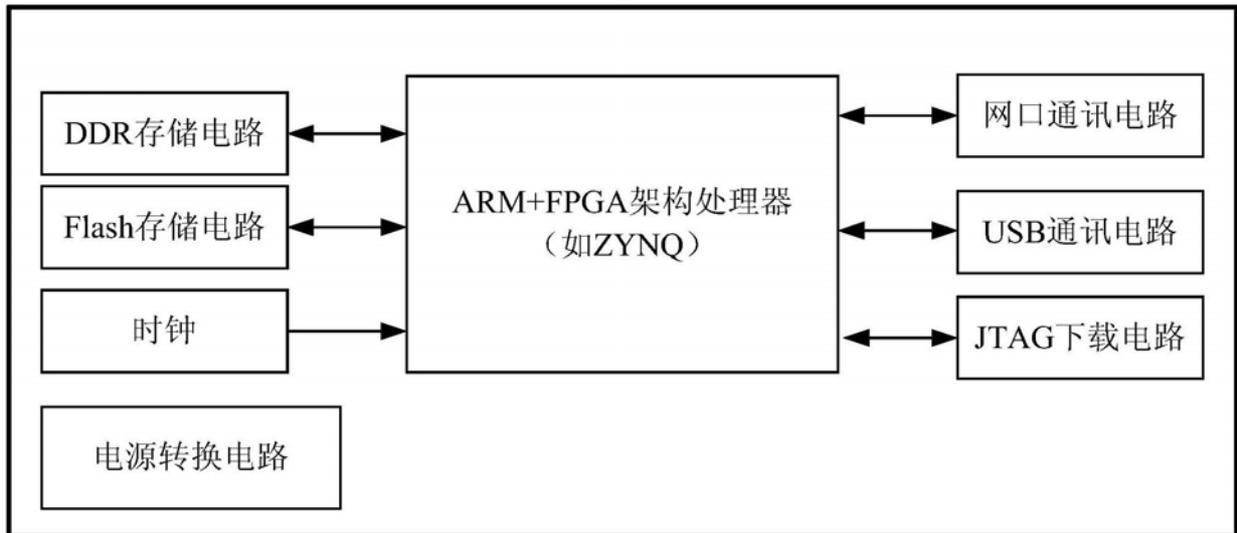


图3

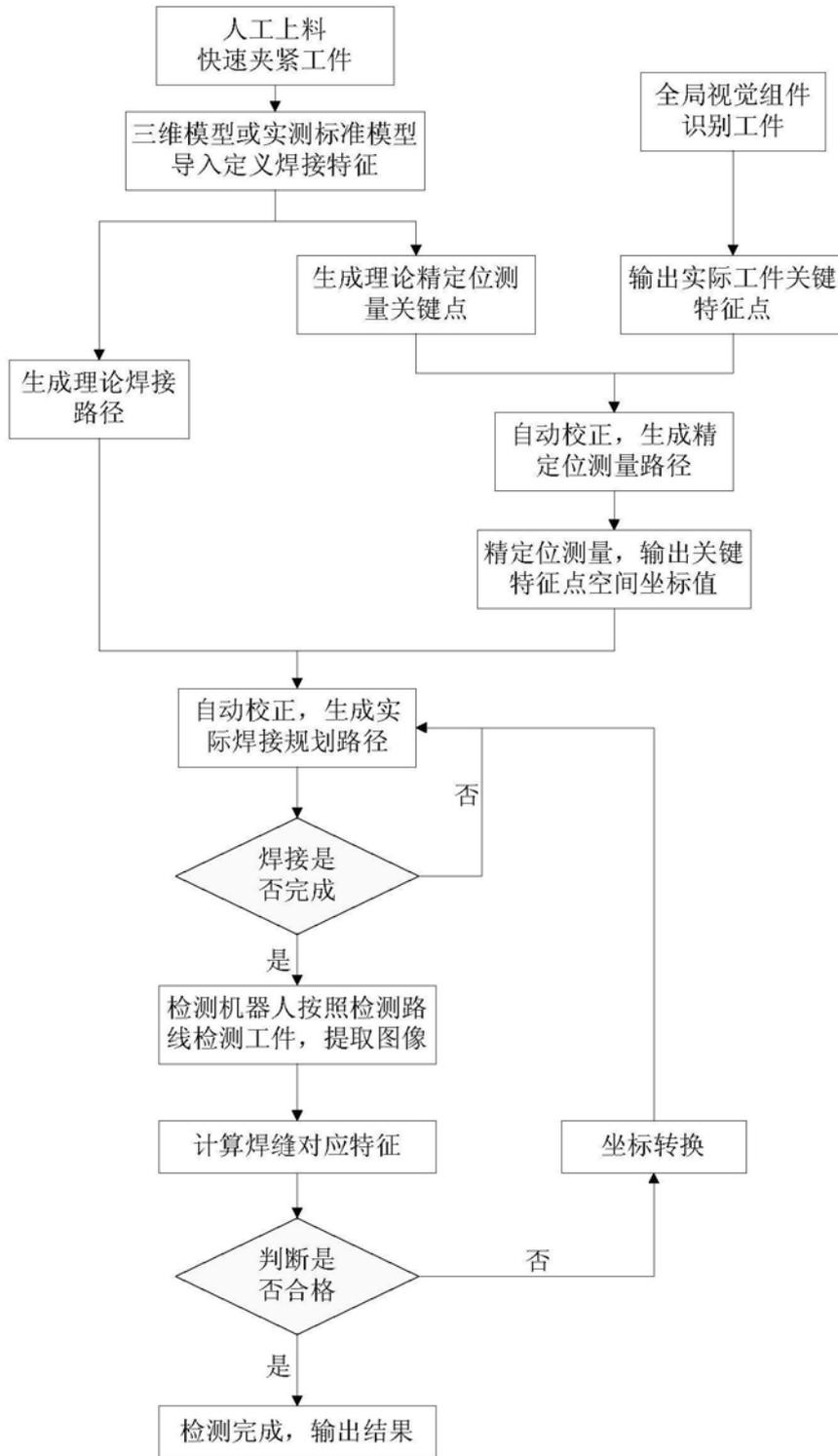


图4

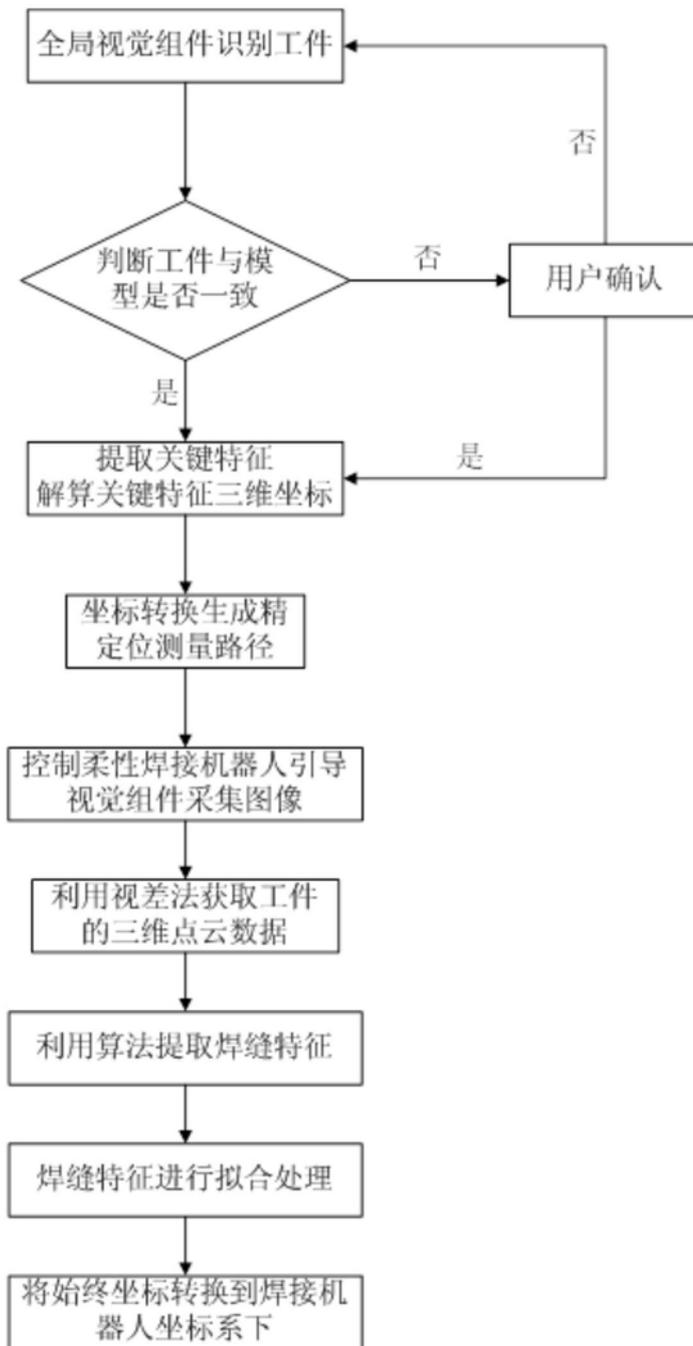


图5

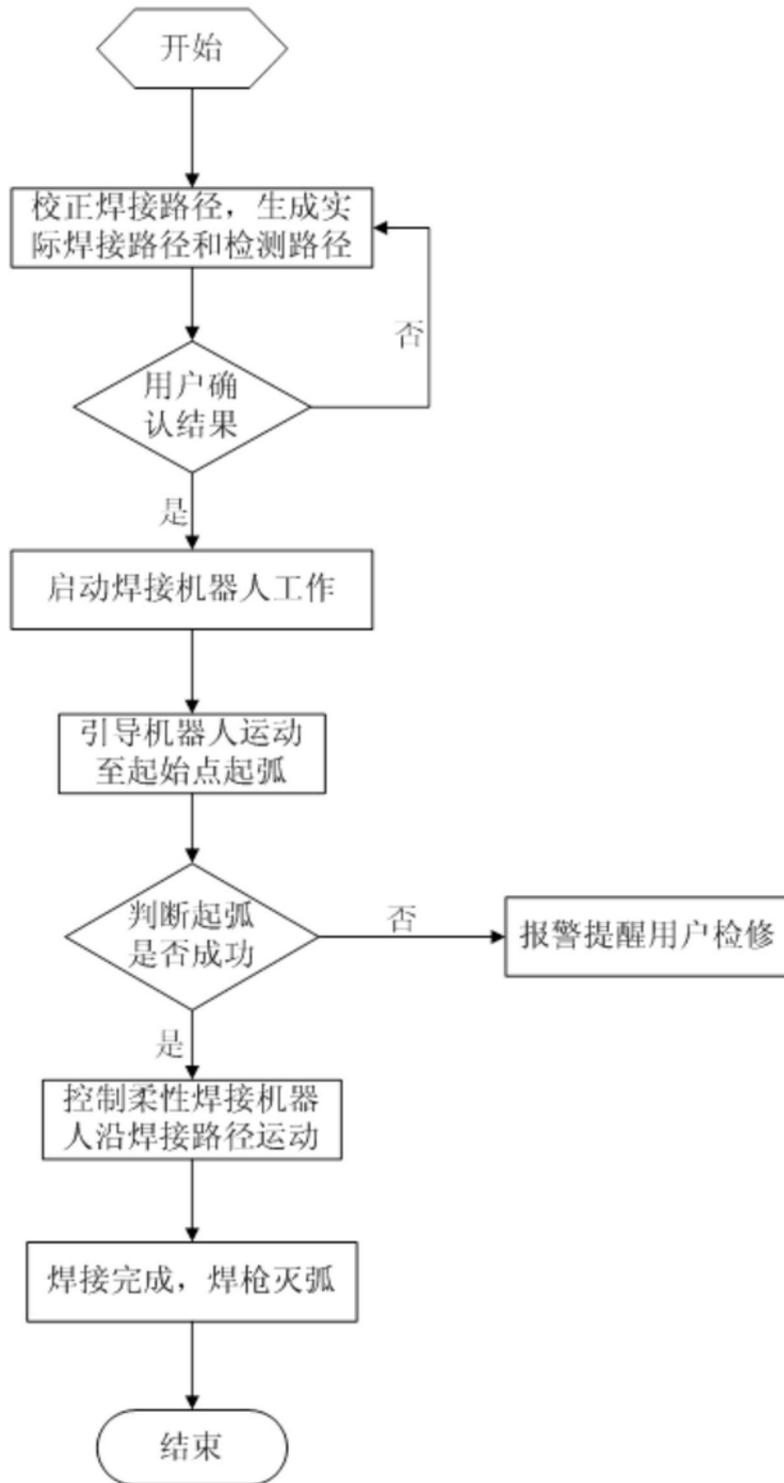


图6

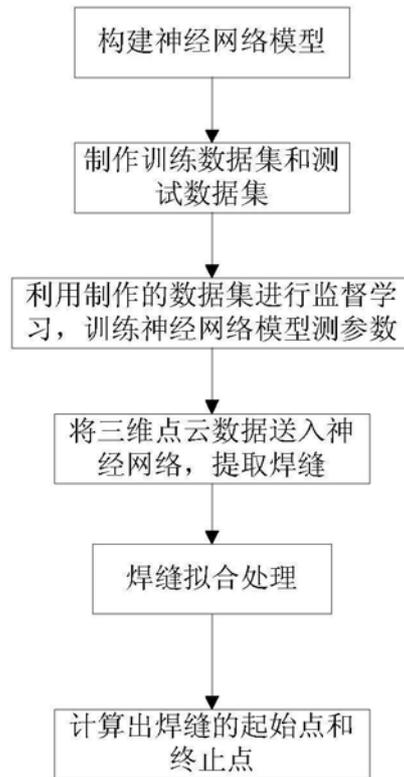


图7

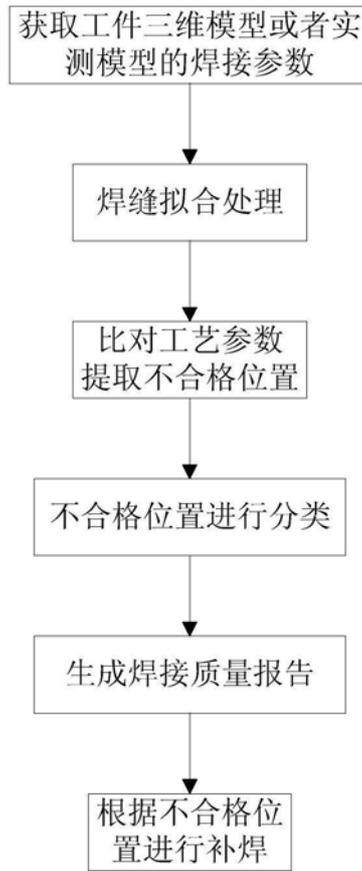


图8