



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107931865 A

(43)申请公布日 2018.04.20

(21)申请号 201610888965.8

(22)申请日 2016.10.12

(71)申请人 中国科学院沈阳自动化研究所
地址 110016 辽宁省沈阳市南塔街114号

(72)发明人 陆莹 赵吉宾 乔红超 陈月玲

(74)专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司 21002

代理人 王倩

(51)Int.Cl.

B23K 26/402(2014.01)

B08B 7/00(2006.01)

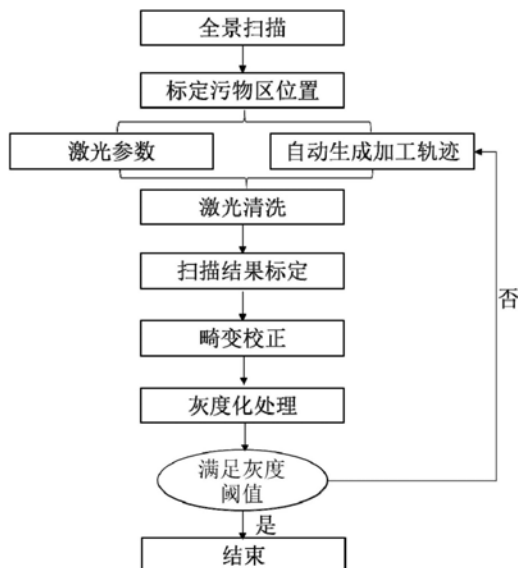
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

大型腔体内壁污物自动化在线激光清洗装置和方法

(57)摘要

本发明涉及大型腔体内壁的激光清洗装置和方法,装置包括主控计算机以及与其连接的激光器、机器人、在线监测装置;所述机器人末端与激光器的激光头固定连接;激光器的激光头上设有在线监测装置;方法:将扫描图像进行三维重建得到腔体内壁在机器人坐标系下的三维坐标;选择激光器的工艺参数;根据三维坐标得到机器人的运动轨迹;机器人沿运动轨迹运动,机器人末端的激光头发射激光实现激光清洗;清洗完成后,利用图像处理算法对腔体内壁进行检测和定位,得到残留污物区域;重新生成二次清洗运动轨迹,对腔体内进行二次清洗。本发明通过高清摄像头的三维表面点云数据,实现循环清洗直到清洗成功,提高了清洗效率,节省清洗的成本和时间。



1. 大型腔体内壁的激光清洗装置,其特征在于:包括主控计算机以及与其连接的激光器、机器人、在线监测装置;所述机器人末端与激光器的激光头固定连接;激光器的激光头上设有在线监测装置;

所述主控计算机用于触发激光器使激光头发射激光到腔体内壁,并控制机器人使激光头沿腔体内壁移动;

在线监测装置,用于采集腔体内壁的图像发送至主控计算机。

2. 根据权利要求1所述的大型腔体内壁的激光清洗装置,其特征在於所述激光器的激光头设有真空罩,通过管路连有回收器。

3. 根据权利要求1所述的大型腔体内壁的激光清洗装置,其特征在於所述激光器的输出功率大于200W且小于600W。

4. 根据权利要求1所述的大型腔体内壁的激光清洗装置,其特征在於所述在线监测装置采用左、右两个摄像头,左右两个摄像头分别设于光源上方左右两侧,对称放置,摄像机镜头朝向激光输出焦点。

5. 根据权利要求1所述的大型腔体内壁的激光清洗装置,其特征在於还包括效果监测装置,采用X荧光光谱仪,用于对回收器内的残留物进行成分抽样检测得到残留物的成分,将测试结果发送至主控计算机。

6. 大型腔体内壁的激光清洗方法,其特征在於包括以下步骤:

1) 机器人携带在线监测装置沿设定轨迹对腔体内壁进行扫描,将扫描图像进行三维重建得到腔体内壁在机器人坐标系下的三维坐标;

2) 选择激光器的工艺参数;根据三维坐标得到机器人的运动轨迹;

3) 机器人沿运动轨迹运动,机器人末端的激光头发射出激光实现激光清洗;

4) 清洗完成后,机器人携带在线监测装置采集腔体内部图像,并利用图像处理算法对腔体内壁进行检测和定位,得到残留污物区域;按照残留污物区域重新生成二次清洗运动轨迹,机器人沿二次清洗运动轨迹运动,激光头发射出激光,对腔体内进行二次清洗;

5) 返回步骤4),直到图像灰度小于阈值为止。

7. 根据权利要求6所述的大型腔体内壁的激光清洗方法,其特征在於所述激光器的工艺参数具体包括:激光波长1064nm或532nm,输出功率为100-500W,脉宽10-100ns;激光源的激光直径1-3mm。

8. 根据权利要求6所述的大型腔体内壁的激光清洗方法,其特征在於所述图像处理算法包括以下步骤:

分别对左、右摄像机采集的腔体内部区域图像进行畸变校正,并进行灰度化处理后,利用自适应阈值方法对灰度图像进行阈值分割,得到残留污物区域的三维图像;

然后采用轮廓提取算法提取不规则的污物区域,将污物区域用最大外包络矩形进行包围,得到外包络矩形在相机坐标系下的位置坐标以及方向;根据相机坐标系和机器人坐标系之间的转换关系,得到污物区域在机器人坐标系下的位置坐标和方向,即机器人的六轴联动的加工轨迹和姿态。

大型腔体内壁污物自动化在线激光清洗装置和方法

技术领域

[0001] 本发明提出一种针对污物进行在线激光清洗装置和方法,该方法可以实现对大小尺寸在微米量级以上、形状任意管道水垢污渍的激光清洗。

背景技术

[0002] 大型腔体内壁污物的清洗,传统的方法往往是接触式清洗,对清洗物体表面有机械作用力,损伤物体的表面或者清洗的介质附着于被清洗物体的表面,无法去除,产生二次污染。

[0003] 激光清洗是一种“绿色”的清洗方法,清洗效率高,节省时间,不需使用任何化学药剂和清洗液,清洗下来的废料基本上都是固体粉末,体积小,易于存放,可回收,可以轻易解决化学清洗带来的环境污染问题。

[0004] 但是目前还没有有能够用于大型腔体内壁污物进行自动化、有效的清洗方法。

发明内容

[0005] 针对上述技术不足,本发明的目的是提供一种大型腔体内壁污物自动化在线激光清洗装置和方法,实现对大小尺寸在微米量级以上的自动化激光清洗。

[0006] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:一种大型腔体内壁的激光清洗装置,包括主控计算机以及与其连接的激光器、机器人、在线监测装置;所述机器人末端与激光器的激光头固定连接;激光器的激光头上设有在线监测装置;

[0007] 所述主控计算机用于触发激光器使激光头发射激光到腔体内壁,并控制机器人使激光头沿腔体内壁移动;

[0008] 在线监测装置,用于采集腔体内壁的图像发送至主控计算机。

[0009] 所述激光器的激光头设有真空罩,通过管路连有回收器。

[0010] 所述激光器的输出功率大于200W且小于600W。

[0011] 所述在线监测装置采用左、右两个摄像头,左右两个摄像头分别设于光源上方左右两侧,对称放置,摄像机镜头朝向激光输出焦点。

[0012] 还包括效果监测装置,采用X荧光光谱仪,用于对回收器内的残留物进行成分抽样检测得到残留物的成分,将测试结果发送至主控计算机。

[0013] 一种大型腔体内壁的激光清洗方法,包括以下步骤:

[0014] 1)机器人携带在线监测装置沿设定轨迹对腔体内壁进行扫描,将扫描图像进行三维重建得到腔体内壁在机器人坐标系下的三维坐标;

[0015] 2)选择激光器的工艺参数;根据三维坐标得到机器人的运动轨迹;

[0016] 3)机器人沿运动轨迹运动,机器人末端的激光头发射激光实现激光清洗;

[0017] 4)清洗完成后,机器人携带在线监测装置采集腔体内部图像,并利用图像处理算法对腔体内壁进行检测和定位,得到残留污物区域;按照残留污物区域重新生成二次清洗运动轨迹,机器人沿二次清洗运动轨迹运动,激光头发射激光,对腔体内进行二次清洗;

[0018] 5)返回步骤4),直到图像灰度小于阈值为止。

[0019] 所述激光器的工艺参数具体包括:激光波长1064nm或532nm,输出功率为100-500W,脉宽10-100ns;激光源的激光直径1-3mm。

[0020] 所述图像处理算法包括以下步骤:

[0021] 分别对左、右摄像机采集的腔体内部区域图像进行畸变校正,并进行灰度化处理后,利用自适应阈值方法对灰度图像进行阈值分割,得到残留污物区域的三维图像;

[0022] 然后采用轮廓提取算法提取不规则的污物区域,将污物区域用最大外包络矩形进行包围,得到外包络矩形在相机坐标系下的位置坐标以及方向;根据相机坐标系和机器人坐标系之间的转换关系,得到污物区域在机器人坐标系下的位置坐标和方向,即机器人的六轴联动的加工轨迹和姿态。

[0023] 本发明具有以下有益效果及优点:

[0024] 1.本发明的无研磨和非接触性使接触式清洗的问题迎刃而解;激光可以通过光纤传输,与机器手和机器人相配合,方便地实现远距离操作,能清洗传统方法不易达到的部位,这在一些危险的场所使用可以确保人员的安全。

[0025] 2.本发明能够清除各种材料表面的各种类型的污染物,达到常规清洗无法达到的清洁度。而且还可以在损伤材料表面的情况下有选择性地清洗材料表面的污染物。

[0026] 3.该方法可以通过高清摄像头的三维表面点云数据,实现循环清洗直到清洗成功,提高了清洗效率,节省清洗的成本和时间。

附图说明

[0027] 图1是本发明的结构示意图;

[0028] 图2是激光头结构示意图;

[0029] 图3是激光清洗方法流程示意图。

具体实施方式

[0030] 下面结合实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0031] 本发明公开了一种大型腔体内壁的激光清洗方法,利用该方法可以实现大型腔体内壁全自动精确可控的激光清洗,激光清洗的流程为:在激光清洗前,机器人携带视觉系统对存在污物的大型腔体内壁按照设定的轨迹进行扫描,三维重建得到腔体内壁在机器人坐标系下的三维点云;然后根据三维重建结果和清洗要求选择最佳清洗工艺参数,设定机器人加工运动轨迹,实现激光清洗的自动加工,第一次清洗完成后,利用图像处理算法对残留污物区域进行检测和定位,将定位结果进行输出;最后按照输出结果重新生成二次清洗运动轨迹,开启激光器,对腔体内残留的污物进行二次清洗,重复以上操作,直到清洗效果满足要求为止

[0032] 利用六轴联动机器人(也可同时采用转台变位机转动腔体)夹持激光头按照规划的路径行走,实现七轴联动。

[0033] 该高清摄像头可实现图像的定点跟踪,将图像传输到计算机中并快速形成三维表面点云数据,并可在操作过程中实现实时反馈实际测量测距可调节微型的高清摄像头。

[0034] 如图1所示,本发明是一种激光清洗自动化设备,为开放式分布控制系统,实现了

控制的数字化、自动化、实时性,通过工控机/PLC集成控制,该激光清洗设备主要包括以下几个部分:主控计算机、清洗激光器、夹持机器人、效果监测装置,光纤,真空残留物回收装置,在线监控装置等,通过TCP/IP、USB、串口、I/O等通讯机制,进行通讯,实现机器人、激光器、PLC等设备的协调运动。实现各环节的信息交换和系统各部件的协同工作,并通过对系统的状态监测避免重要部件重大故障的产生。

[0035] 在线监控装置采用摄像头;效果监测装置采用S1 TITAN 500手持式X荧光光谱仪,X荧光光谱仪所收集到的信息转换成样品中各种元素的种类及含量,实现对污物的成分的抽样检测,防止由于过度清洗导致的基本体表面的损伤。

[0036] PC主机的操作台,集成整个操作控制系统,连接激光器、机器人控制系统以及效果检测装置,内部装有离线系统编程软件(基于CAD模型的加工路径规划功能,与通用3D大型软件(具体包括CatiaV5、CatiaV4、ProE、UG、SolidWorks)对接,能导入其输入模型)、视频监控(用于对摄像头采集的图像进行定点跟踪,包括距离和位置;并在计算机中快速形成三维表面点云数据,并可在操作过程中实现实时反馈实际测量测距、并可调节微型摄像头)、三维表面数据识别系统(如三维数据表面图形绘制(MatView45.0CX)4.5软件)等,采用SQL Server作为后台数据库,采用分布式客户机/服务器模式及Client/Server网络模式的构建,实现较好的人机交互体验的软件环境,集成式操作台具有便于操作的用户界面。整个操作控制可实现对激光清洗工艺参数(零件名称、编号、清洗点个数、材质、激光束参数、光路、光斑形状/大小/模式、加工点位置、加工时间、清洗次数等等)和性能检测参数数据(清洗过程实时监控、污物回收检测装置)进行记录,为优化激光冲击加工参数提供基础,具备查找、追溯、溯源功能,可输出报表。

[0037] 如图2所示,激光头上设有摄像头、激光光源和真空罩,可以在清洗时实时吸走激光清洗产生的残留物。左右两个摄像头分别设于结构光源上方左右两侧,对称放置,摄像机镜头朝向激光输出焦点处。

[0038] 如图3所示,本发明的具体清洗步骤如下所示:

[0039] 在激光清洗前,机器人携带视觉系统对存在污物的大型腔体内壁按照设定的轨迹进行扫描,三维重建得到腔体内壁在机器人坐标系下的三维点云;根据成像效果和清洗要求选择最佳清洗工艺参数(可通过清洗级别与其对应的工艺参数数据库人工选择工艺参数),并将工艺参数输入激光器控制界面;输入激光清洗的性能指标、初始条件、边界条件、污染物的相关参数(厚度、化学成分等),并调用具有分布式C/S模式的SQL Server后台数据库,然后将其导入结构力学CAE分析软件,自动生成作用在污染物表面的激光束及加工运动轨迹。

[0040] 其中,将待清洗的大型腔体的三维模型(具体包括CatiaV5、CatiaV4、ProE、UG、SolidWorks)输入到轨迹规划软件中,根据运动参数设置加工路径,其中包含机器人和转台变位机(用于转动腔体)的位置和姿态信息;将加工路径数据进行运动仿真,确保实际加工过程的合理性,最后进行后置处理形成机器人运动的实际路径。

[0041] 工控机系统根据激光清洗的三维成像结果,选择激光器的工艺参数,包括激光能量、激光脉宽、脉冲频率、光斑大小及光斑形状等,利用工控机生成加工信号,经过激光参数的阈值的判别处理后,将优化的工艺参数信号传输给PLC,PLC控制激光器开关和运行;同时,对由轨迹规划形成的各关节角度序列,经运动学正解得到机器人位姿序列,对运动轨迹

进行优化,输出轨迹信号,机器人控制柜接受PLC输出的激光冲击强化路径规划轨迹信号,利用离线自动编程的方式生成的程序代码输出PLC并通过局域网络传输给机器人,控制激光冲击的加工轨迹运动和自动聚焦。并将加工运动轨迹发送至六轴联动机器人,实现激光清洗的自动加工;第一次清洗完成后,利用图像处理算法对残留污物区域进行检测和定位,将定位结果进行输出;最后按照输出结果重新生成二次清洗运动轨迹,开启激光器,对腔体内残留的污物进行二次清洗,重复以上操作,直到清洗效果满足要求为止。

[0042] 其中图像处理算法是通过建立双目立体视觉测量系统和结构光测量系统,标定所有参数(包括摄像机内部参数、两摄像机之间结构参数、相机和结构光之间的结构参数,相机和机器人坐标系之间的转换矩阵);标定完成后,机器人携带视觉系统进入舱体同时采集左右摄像机的腔体内部区域图像,利用摄像机后投影模型,分别对两幅图像进行畸变校正;进而对矫正后的图像进行灰度化处理,利用自适应阈值方法对灰度图像进行阈值分割,借助于轮廓提取算法(OpenCV中的Canny函数)提取不规则的污物区域,将污物区域用最大外包络矩形进行包围,得到外包络矩形在相机坐标系下的三维坐标位置以及方向。根据相机坐标系和机器人坐标系之间的转换关系,得到污物区域在机器人坐标系下三维坐标的位置和方向,即机器人的六轴联动的加工轨迹姿态。重新生成二次清洗运动轨迹,开启激光器,对腔体内部残留污物进行二次清洗。

[0043] 该激光方法所采用的硬件设备包括以下几个部分:主控计算机、清洗激光器、夹持机器人、效果监测装置,光纤,真空残留物回收装置,在线监控装置等,实现了各环节的信息交换和系统各部件的协同工作,并通过对系统的状态监测避免重要部件重大故障的产生。PC主机的操作台,集成整个操作控制系统,连接激光器、机器人控制系统以及效果检测装置,内部装有离线系统编程软件(基于CAD模型的加工路径规划功能,与通用3D大型软件(具体包括CatiaV5、CatiaV4、ProE、UG、SolidWorks)对接,能导入其输入模型)、过程仿真(轨迹仿真软件)、视频监控(用于对摄像头采集的图像进行定点跟踪,包括距离和位置;并在计算机中快速形成三维表面点云数据,并可在操作过程中实现实时反馈实际测量测距、并可调节微型摄像头)、三维表面数据识别系统(如三维数据表面图形绘制(MatView45.0CX) 4.5软件)等。

[0044] 其中,激光器为Nd:YAG激光,激光波长1064nm、532nm可选;激光器输出功率为100-500W可调,光纤耦合效率约85%(±0.2%);激光功率不稳定性≤3%;激光频率≥5kHz;激光脉宽10-100ns;激光源的激光直径1-3mm可调;远场发散角≤2.0mrad;光束空间分布为超高斯类平顶分布。控制软件可控制输出激光的出射、关闭,并能调节激光的频率和功率;激光源需保证其输出激光的稳定性和可靠性,平均无故障时间>8×36小时。连接激光器和激光输出头的光纤,具有很高的抗损伤性,NA=0.22。控制软件可控制输出激光的出射、关闭,并能调节激光的频率和功率;利用六轴联动机器人和转台变位机夹持激光头按照规划的路径行走,实现七轴联动。通过离线编程软件按照规划的路径行走。

[0045] 实施例1

[0046] 本发明针对7075铝合金圆形腔体内壁表面污渍进行激光清洗:

[0047] 本发明是一种激光清洗自动化设备,为开放式分布控制系统,实现了控制的数字化、自动化、实时性,通过工控机/PLC集成控制,该激光清洗设备主要包括以下几个部分:主控计算机、清洗激光器、夹持机器人、效果监测装置,光纤,真空残留物回收装置,光路整形

装置,在线监控装置等,实现了各环节的信息交换和系统各部件的协同工作,并通过对系统的状态监测避免重要部件重大故障的产生。PC主机的操作台,集成整个操作控制系统,连接激光器、机器人控制系统以及效果检测装置,内部装有离线系统编程软件、过程仿真、视频监控、三维表面数据识别系统等,实现较好的人机交互体验的软件环境,集成式操作台具有便于操作的用户界面。

[0048] 其中,激光波长1064nm可选;激光器输出功率为200W可调;激光频率10kHz;激光脉宽40ns;激光源的激光直径3mm可调;光束空间分布为超高斯类平顶分布。控制软件可控制输出激光的出射、关闭,并能调节激光的频率和功率。控制软件可控制输出激光的出射、关闭,并能调节激光的频率和功率;通过离线编程软件按照规划的路径行走,并包括轨迹规划、过程仿真等功能,采用结构力学CAE分析软件,能够自动生成作用在大型管道内壁表面的加工清洗运动轨迹。通过视频监控系统形成图像的定点跟踪,并在计算机中快速形成三维表面点云数据,并可在操作过程中实现实时反馈实际测量测距可调节微型摄像头。具有视频监控系统可实现观察激光清洗去污施工过程情况,并传送图像只PC主机,第一次清洗完成后,利用图像处理算法对残留污物区域进行检测和定位,将定位结果进行输出;最后按照输出结果重新生成二次清洗运动轨迹,开启激光器,对腔体内残留的污物进行二次清洗,重复以上操作,直到清洗效果满足要求为止。夹持机器人连接激光头,其中包括残留物吸出真空罩、光路整形系统、检测摄像头、激光出光口保护透镜,光路整形系统连接光纤传输,激光器系统带有光纤线路的平衡装置,防止光纤发射弯折等变形,平衡装置的转轴可随机器人转动。

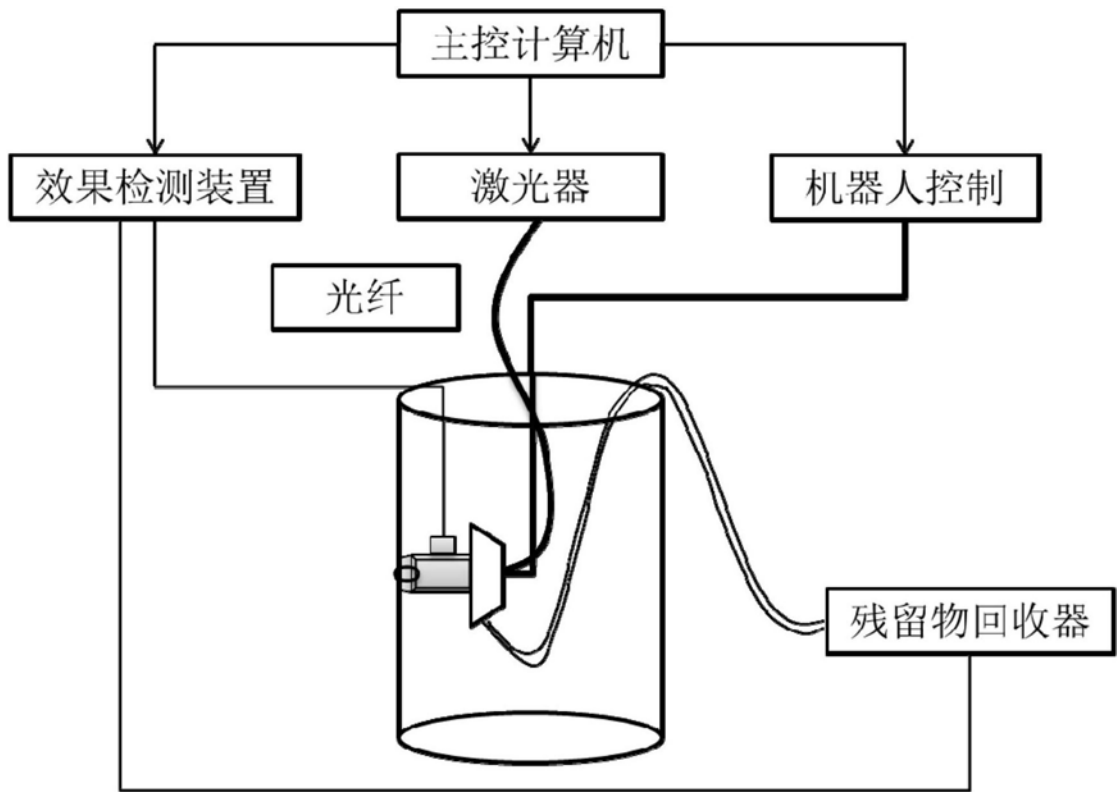


图1

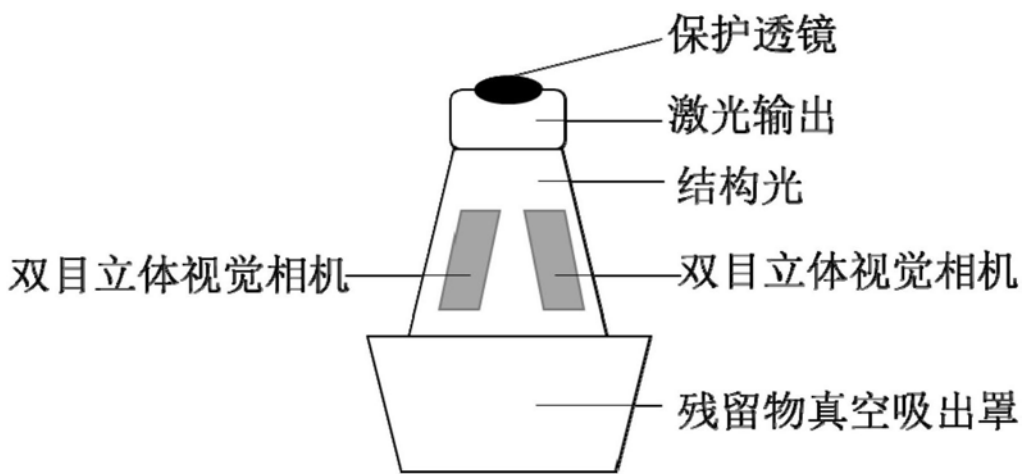


图2

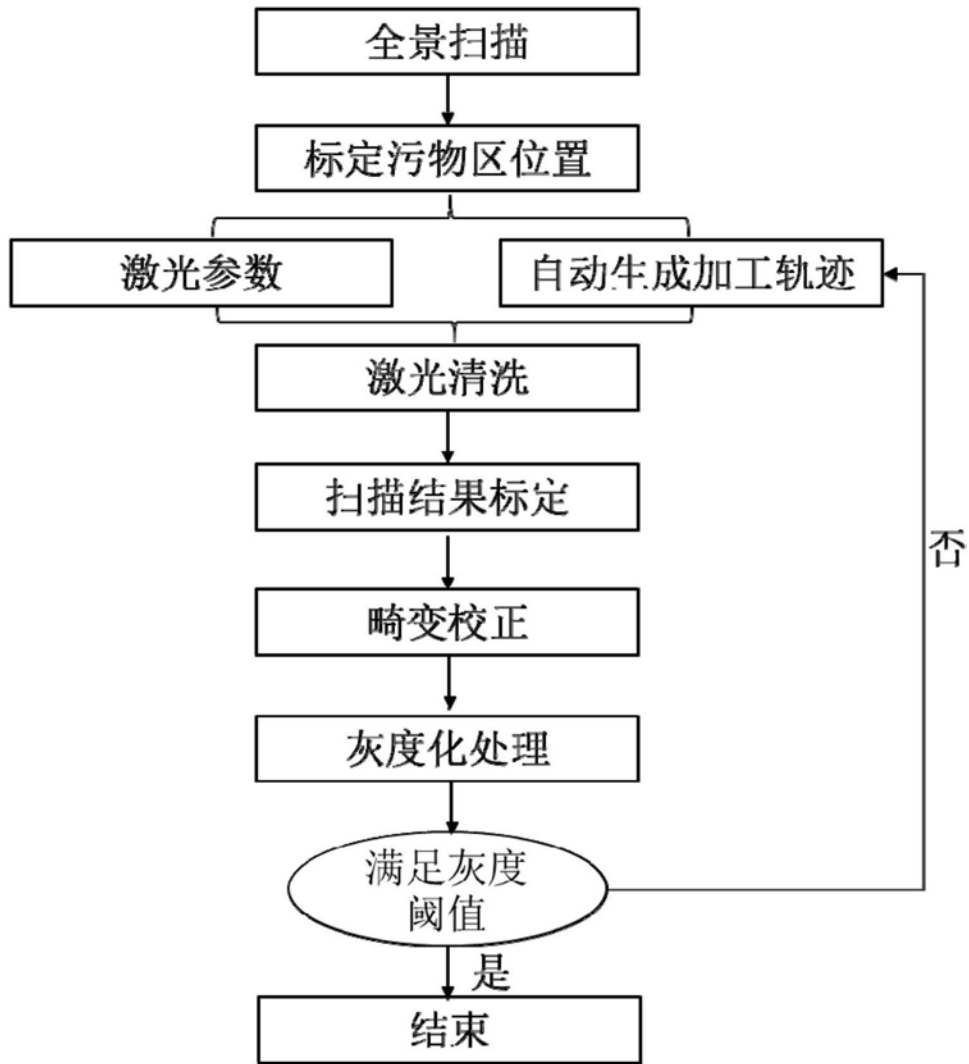


图3