



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107741427 A

(43)申请公布日 2018.02.27

(21)申请号 201711240510.6

(22)申请日 2017.11.30

(71)申请人 南京航空航天大学

地址 214187 江苏省无锡市惠山区洛社镇
人民南路40号

申请人 南京航空航天大学无锡研究院

(72)发明人 余厚云 李克斌 周申江 叶剑杰
江海勇

(74)专利代理机构 上海宣宜专利代理事务所
(普通合伙) 31288

代理人 杨小双

(51)Int.Cl.

G01N 21/88(2006.01)

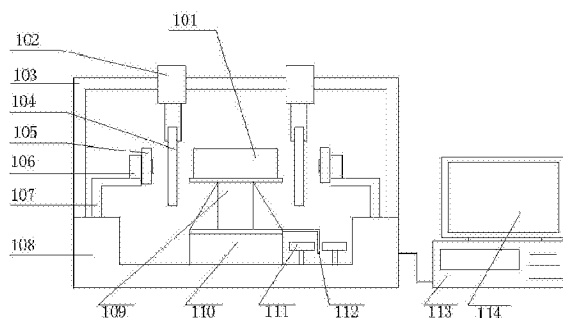
权利要求书3页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

汽车发动机涡轮壳表面缺陷的机器视觉检测装置及方法

(57)摘要

本发明公开一种汽车发动机涡轮壳表面缺陷的机器视觉检测装置及方法,属于工业自动化检测领域。该装置包括工业摄像机、组合光源系统、运动工作台、主控系统及显示器,检测时通过专用夹具将涡轮壳工件定位安装于一维运动工作台上,工件沿工作台直线运动到各检测工位,组合光源系统分别采用明域和暗域照明方式对工件打光,工业摄像机采集工件表面缺陷图像并传送给主控系统,主控系统调用不同的缺陷检测模块,确定表面缺陷的位置、类型和尺度,并给出合格性判定结果。本发明实现了汽车发动机涡轮壳产品表面缺陷自动化检测,提高了检测精度和效率,并大幅降低了行业劳动成本。



1. 汽车发动机涡轮壳表面缺陷的机器视觉检测装置,它包括:
专用夹具,用于将被测涡轮壳工件(101)装夹于运动工作台上;
运动工作台,用于将装夹后的被测涡轮壳工件(101)传送至第一检测工位和第二检测工位;

组合光源系统,用于对被测涡轮壳工件(101)表面进行准确的光照补偿;

工业摄像机,用于采集被测涡轮壳工件(101)表面缺陷图像;

主控系统(113),用于控制运动工作台、组合光源系统及工业摄像机的协调工作,并对工业摄像机采集的表面缺陷图像进行处理和缺陷检测;

显示器(114),用于实时输出被测涡轮壳工件(101)在第一检测工位和第二检测工位上的表面缺陷图像及其检测结果。

2. 根据权利要求1所述的汽车发动机涡轮壳表面缺陷的机器视觉检测装置,其特征在于:所述主控系统包括:

第一检测模块,用于检测被测涡轮壳工件(101)出气法兰面和中间壳端面的表面磕碰、疏松、塌边及渣孔类缺陷;

第二检测模块,用于检测被测涡轮壳工件(101)出气法兰面和中间壳端面的表面划痕、磨痕及裂纹类缺陷;

第三检测模块,用于检测被测涡轮壳工件(101)涡轮曲线孔的表面缺陷。

3. 根据权利要求1或2所述的汽车发动机涡轮壳表面缺陷的机器视觉检测装置,其特征在于:所述专用夹具包括工件夹具(109),被测涡轮壳工件(101)通过工件夹具(109)安装在运动滑座(110)上,运动滑座(110)在电机驱动下沿底座(108)上的直线导轨往返运动;

所述运动工作台包括运动滑座(110),运动滑座(110)上安装有遮光板(112),遮光板(112)在运动滑座(110)移动过程中触发第一光电开关(111)和第二光电开关(203),第一光电开关(111)和第二光电开关(203)检测运动滑座(110)是否到达指定检测工位;

所述组合光源系统包括低角度光源(104)、高角度光源(105)和面光源(205),低角度光源(104)以暗域照明方式对被测涡轮壳工件(101)打光,高角度光源(105)以明域照明方式对被测涡轮壳工件(101)打光,面光源(205)以明域照明方式对被测涡轮壳工件(101)打光;

两个所述低角度光源(104)由直线运动机构(103)驱动在被测涡轮壳工件(101)两侧合拢或分开;

所述工业摄像机包括第一工业摄像机(106)和第二工业摄像机(201),第一工业摄像机(106)采集被测涡轮壳工件(101)出气法兰面和中间壳端面这两个位置上的表面缺陷图像,并通过接口将图像传送给主控系统(113),第二工业摄像机(201)采集被测涡轮壳工件(101)涡轮曲线孔的表面缺陷图像,并通过接口将图像传送给主控系统(113)。

4. 根据权利要求3所述的汽车发动机涡轮壳表面缺陷的机器视觉检测装置,其特征在于:两个所述低角度光源(104)安装在低角度光源安装机构(102)上,低角度光源安装机构(102)沿直线运动机构(103)移动;

所述高角度光源(105)通过第一安装机构(107)安装在底座(108)上;

所述面光源(205)通过光源安装机构(204)安装在底座(108)上。

5. 根据权利要求3所述的汽车发动机涡轮壳表面缺陷的机器视觉检测装置,其特征在于:所述第一工业摄像机(106)通过第一安装机构(107)安装在底座(108)上;

所述第二工业摄像机(201)通过第二安装机构(202)安装在底座(108)上。

6.根据权利要求3所述的汽车发动机涡轮壳表面缺陷的机器视觉检测装置,其特征在于:所述第一光电开关(111)和第二光电开关(203)均为对射式光电开关。

7.根据权利要求1-6中任一项所述的汽车发动机涡轮壳表面缺陷的机器视觉检测方法,其特征在于:它包括以下步骤:

步骤一,在检测装置的安装工位,通过专用夹具将被测涡轮壳工件(101)装夹在运动工作台上;

步骤二,电机驱动被测涡轮壳工件(101)运动到检测装置的第一检测工位,主控系统(113)发出控制信号,点亮高角度光源(105),以明域照明方式对被测涡轮壳工件(101)打光,同时第一工业摄像机(106)采集被测涡轮壳工件(101)表面图像并传送给主控系统(113),由主控系统(113)调用第一检测模块进行表面磕碰、疏松、塌边及渣孔类缺陷检测;

步骤三,主控系统(113)发出控制信号,关闭高角度光源(105);低角度光源安装机构(102)带动低角度光源(104)至准确位置,同时点亮低角度光源(104),采用暗域照明方式对被测涡轮壳工件(101)打光,同时第一工业摄像机(106)采集被测涡轮壳工件(101)表面图像并传送给主控系统(113),由主控系统(113)调用第二检测模块进行工件表面划痕、磨痕及裂纹类缺陷检测;

步骤四,主控系统(113)发出控制信号,关闭低角度光源(104);同时低角度光源安装机构(102)带动低角度光源(104)至安全位置,电机驱动被测涡轮壳工件(101)运动到检测装置的第二检测工位,点亮面光源(205),采用明域照明方式对被测涡轮壳工件(101)打光,同时第二工业摄像机(201)从另外一侧采集被测涡轮壳工件(101)涡轮曲线孔表面缺陷图像并传送给主控系统(113),由主控系统(113)调用第三检测模块进行涡轮曲线孔的表面缺陷检测;

步骤五,关闭面光源(205),电机驱动被测涡轮壳工件(101)返回到检测装置的安装工位,取下被测涡轮壳工件(101),同时主控系统(113)输出被测涡轮壳工件(101)表面缺陷检测结果,并给出合格性判定。

8.根据权利要求7所述的汽车发动机涡轮壳表面缺陷的机器视觉检测方法,其特征在于:所述第一检测模块包括以下检测步骤:

步骤一,对第一工业摄像机(106)采集的图像进行灰度化和双边滤波处理,再采用最大类间方差法对处理后的图像进行图像分割并遍历轮廓,根据轮廓的周长/面积比判断轮廓是否符合圆特征,保留圆轮廓并采用最小二乘法拟合出圆心;

步骤二,初始化圆环形区域的直径参数,并结合拟合出的圆心,分别确定出气法兰面和中间壳端面的感兴趣区域;

步骤三,在感兴趣区域内对图像进行陷波滤波和图像分割,再通过二叉树线性滤波器识别出磕碰、疏松、塌边及渣孔类缺陷。

9.根据权利要求7所述的汽车发动机涡轮壳表面缺陷的机器视觉检测方法,其特征在于:所述第二检测模块包括以下检测步骤:

步骤一,采用与第一检测模块相同的感兴趣区域,在感兴趣区域内对第一工业摄像机(106)采集的原始图像进行Gabor滤波;

步骤二,将Gabor滤波图像与原始图像进行差分滤波,再对差分滤波图像进行形态学处

理,最后使用二叉树线性滤波器识别出划痕、磨痕及裂纹类缺陷。

10.根据权利要求7所述的汽车发动机涡轮壳表面缺陷的机器视觉检测方法,其特征在于:所述第三检测模块包括以下检测步骤:

步骤一,对第二工业摄像机(201)采集的图像进行线性灰度化及形态学滤波处理,初始化涡轮曲线面特征参数,根据特征参数提取感兴趣区域;

步骤二,对感兴趣区域内图像使用最大类间方差法进行图像分割,根据面积及边界灰度比综合特征检测孔表面缺陷。

汽车发动机涡轮壳表面缺陷的机器视觉检测装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于工业自动化检测领域,具体是一种汽车发动机涡轮壳表面缺陷的机器视觉检测装置及方法。

背景技术

[0002] 近年来,随着德国“工业4.0”和我国“中国制造2025”等制造业国家战略的推出,世界各国对产品质量和制造过程的智能化水平提出了越来越高的要求,制造业市场竞争也日趋激烈。为了保证产品的质量和经济效益,先进控制和优化控制纷纷被应用于工业过程中。

[0003] 汽车制造业作为我国国民经济的重要支柱产业,一直以来对智能制造的需求最为迫切,同时它也是智能制造技术应用最为广泛的领域。然而,无论是在先进控制策略的应用过程中还是对产品质量的直接控制过程中,对汽车整车及其零配件的质量变量进行准确的在线测量都是至关重要却又十分困难的。受工艺或技术方面的限制,一些重要的过程参数和质量指标均难以甚至无法实现高精度在线检测。

[0004] 以汽车发动机涡轮壳产品为例,其表面缺陷是影响产品抗疲劳强度以及产品装配、使用的重要因素,而目前行业内对涡轮壳产品表面缺陷仍采用的是人工离线方法进行检测,检测效率低、工人劳动强度大,且特别容易产生误检。为此,国内外很多从事智能检测技术研究的专家尝试了各种手段试图解决此类复杂型面机械零件的表面缺陷检测问题,但一直没有取得理想的效果。

发明内容

[0005] 为解决现有技术存在检测效率低、工人劳动强度大,且特别容易产生误检的缺陷,本发明提供一种汽车发动机涡轮壳表面缺陷的机器视觉检测装置及方法,有效解决了复杂型面汽车发动机涡轮壳产品表面缺陷的快速、准确检测问题,检测装置结构简单、灵活,使用方便,自动化程度高。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用下述技术方案:

[0007] 本发明提供了一种汽车发动机涡轮壳表面缺陷的机器视觉检测装置,它包括:

[0008] 专用夹具,用于将被测涡轮壳工件装夹于运动工作台上;

[0009] 运动工作台,用于将装夹后的被测涡轮壳工件传送至第一检测工位和第二检测工位;

[0010] 组合光源系统,用于对被测涡轮壳工件表面进行准确的光照补偿;

[0011] 工业摄像机,用于采集被测涡轮壳工件表面缺陷图像;

[0012] 主控系统,用于控制运动工作台、组合光源系统及工业摄像机的协调工作,并对工业摄像机采集的表面缺陷图像进行处理和缺陷检测;

[0013] 显示器,用于实时输出被测涡轮壳工件在第一检测工位和第二检测工位上的表面缺陷图像及其检测结果。

[0014] 进一步地,主控系统包括:

[0015] 第一检测模块,用于检测被测涡轮壳工件出气法兰面和中间壳端面的表面磕碰、疏松、塌边及渣孔类缺陷;

[0016] 第二检测模块,用于检测被测涡轮壳工件出气法兰面和中间壳端面的表面划痕、磨痕及裂纹类缺陷;

[0017] 第三检测模块,用于检测被测涡轮壳工件涡轮曲线孔的表面缺陷。

[0018] 进一步地,专用夹具包括工件夹具,被测涡轮壳工件通过工件夹具安装在运动滑座上,运动滑座在电机驱动下沿底座上的直线导轨往返运动;

[0019] 运动工作台包括运动滑座,运动滑座上安装有遮光板,遮光板在运动滑座移动过程中触发第一光电开关和第二光电开关,第一光电开关和第二光电开关检测运动滑座是否到达指定检测工位;

[0020] 组合光源系统包括低角度光源、高角度光源和面光源,低角度光源以暗域照明方式对被测涡轮壳工件打光,高角度光源以明域照明方式对被测涡轮壳工件打光,面光源以明域照明方式对被测涡轮壳工件打光;

[0021] 两个低角度光源由直线运动机构驱动在被测涡轮壳工件两侧合拢或分开;

[0022] 工业摄像机包括第一工业摄像机和第二工业摄像机,第一工业摄像机采集被测涡轮壳工件出气法兰面和中间壳端面这两个位置上的表面缺陷图像,并通过接口将图像传送给主控系统,第二工业摄像机采集被测涡轮壳工件涡轮曲线孔的表面缺陷图像,并通过接口将图像传送给主控系统。

[0023] 进一步地,两个低角度光源安装在低角度光源安装机构上,低角度光源安装机构沿直线运动机构移动;

[0024] 高角度光源通过第一安装机构安装在底座上;

[0025] 面光源通过光源安装机构安装在底座上。

[0026] 进一步地,第一工业摄像机通过第一安装机构安装在底座上;

[0027] 第二工业摄像机通过第二安装机构安装在底座上。

[0028] 进一步地,第一光电开关和第二光电开关均为对射式光电开关。

[0029] 本发明还提供了一种汽车发动机涡轮壳表面缺陷的机器视觉检测方法,它包括以下步骤:

[0030] 步骤一,在检测装置的安装工位,通过专用夹具将被测涡轮壳工件装夹在运动工作台上;

[0031] 步骤二,电机驱动被测涡轮壳工件运动到检测装置的第一检测工位,主控系统发出控制信号,点亮高角度光源,以明域照明方式对被测涡轮壳工件打光,同时第一工业摄像机采集被测涡轮壳工件表面图像并传送给主控系统,由主控系统调用第一检测模块进行表面磕碰、疏松、塌边及渣孔类缺陷检测;

[0032] 步骤三,主控系统发出控制信号,关闭高角度光源;低角度光源安装机构带动低角度光源至准确位置,同时点亮低角度光源,采用暗域照明方式对被测涡轮壳工件打光,同时第一工业摄像机采集被测涡轮壳工件表面图像并传送给主控系统,由主控系统调用第二检测模块进行工件表面划痕、磨痕及裂纹类缺陷检测;

[0033] 步骤四,主控系统发出控制信号,关闭低角度光源;同时低角度光源安装机构带动低角度光源至安全位置,电机驱动被测涡轮壳工件运动到检测装置的第二检测工位,点亮

面光源,采用明域照明方式为被测涡轮壳工件打光,同时第二工业摄像机从另外一侧采集被测涡轮壳工件涡轮曲线孔表面缺陷图像并传送给主控系统,由主控系统调用第三检测模块进行涡轮曲线孔的表面缺陷检测;

[0034] 步骤五,关闭面光源,电机驱动被测涡轮壳工件返回到检测装置的安装工位,取下被测涡轮壳工件,同时主控系统输出被测涡轮壳工件表面缺陷检测结果,并给出合格性判定。

[0035] 进一步地,第一检测模块包括以下检测步骤:

[0036] 步骤一,对第一工业摄像机采集的图像进行灰度化和双边滤波处理,再采用最大类间方差法对处理后的图像进行图像分割并遍历轮廓,根据轮廓的周长/面积比判断轮廓是否符合圆特征,保留圆轮廓并采用最小二乘法拟合出圆心;

[0037] 步骤二,初始化圆环形区域的直径参数,并结合拟合出的圆心,分别确定出气法兰面和中间壳端面的感兴趣区域;

[0038] 步骤三,在感兴趣区域内对图像进行陷波滤波和图像分割,再通过二叉树线性滤波器识别出磕碰、疏松、塌边及渣孔类缺陷。

[0039] 进一步地,第二检测模块包括以下检测步骤:

[0040] 步骤一,采用与第一检测模块相同的感兴趣区域,在感兴趣区域内对第一工业摄像机采集的原始图像进行Gabor滤波;

[0041] 步骤二,将Gabor滤波图像与原始图像进行差分滤波,再对差分滤波图像进行形态学处理,最后使用二叉树线性滤波器识别出划痕、磨痕及裂纹类缺陷。

[0042] 进一步地,第三检测模块包括以下检测步骤:

[0043] 步骤一,对第二工业摄像机采集的图像进行线性灰度化及形态学滤波处理,初始化涡轮曲线面特征参数,根据特征参数提取感兴趣区域;

[0044] 步骤二,对感兴趣区域内图像使用最大类间方差法进行图像分割,根据面积及边界灰度比综合特征检测孔表面缺陷。

[0045] 有益效果:

[0046] 1. 本发明试验出光源 0° 打光且光源与被测平面等高的低角度照明方式,有效抑制了机加工表面残留的冷却液斑痕等对表面缺陷检测的影响,解决了表面划痕、磨痕及裂纹类表面缺陷检测问题。

[0047] 2. 本发明采用多工位、多模块组合的机器视觉检测方法,以人工智能的方式成功实现了复杂型面机械零件的表面缺陷检测。

[0048] 3. 本发明实现了汽车发动机涡轮壳机加工表面缺陷的自动化检测,克服了人工肉眼检测存在的检测精度和效率低、劳动强度大、检测标准不统一等一系列问题,同时大幅降低了行业劳动成本。

附图说明

[0049] 图1为本发明一实施例的第一检测工位系统结构组成图;

[0050] 图2为本发明一实施例的第二检测工位系统结构组成图;

[0051] 图中:101-被测涡轮壳工件、102-低角度光源安装机构、103-直线运动机构、104-低角度光源、105-高角度光源、106-第一工业摄像机、107-第一安装机构、108-底座、109-工

件夹具、110-运动滑座、111-第一光电开关、112-遮光板、113-主控系统、114-显示器、201-第二工业摄像机、202-第二安装机构、203-第二光电开关、204-光源安装机构、205-面光源。

具体实施方式

[0052] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0053] 如图1所示,本实施例的第一检测工位执行第一、第二检测模块功能,系统包括:

[0054] 被测涡轮壳工件101:被测涡轮壳工件为汽车发动机涡轮壳,检测区域包括出气法兰面、中间壳端面和涡轮曲线孔表面,出气法兰面和中间壳端面为圆环形平面区域,涡轮曲线孔为圆柱形;

[0055] 低角度光源安装机构102:用于安装两个低角度光源104,并可沿直线运动机构103移动;

[0056] 直线运动机构103:用于驱动两个低角度光源104在被测涡轮壳工件101两侧合拢或分开,使得检测时两个低角度光源104到达正确的打光位置;

[0057] 低角度光源104:以暗域照明方式对被测涡轮壳工件101打光,为检测被测涡轮壳工件101出气法兰面和中间壳端面的划痕、磨痕及裂纹类表面缺陷提供合适的光照条件;

[0058] 高角度光源105:以明域照明方式对被测涡轮壳工件101打光,为检测被测涡轮壳工件101出气法兰面和中间壳端面的磕碰、疏松、塌边及渣孔类表面缺陷提供合适的光照条件;

[0059] 第一工业摄像机106:用于采集被测工件出气法兰面和中间壳端面这两个位置上的表面缺陷图像,并通过接口将图像传送给主控系统113;

[0060] 第一安装机构107:用于将第一工业摄像机106和高角度光源105固定安装在检测装置的底座108上;

[0061] 底座108:用于支承和安装检测装置的各硬件功能单元;

[0062] 工件夹具109:用于将被测涡轮壳工件101安装在运动滑座110上;

[0063] 运动滑座110:可在电机驱动下沿底座108上的直线导轨往返运动,从而将安装在运动滑座110上的被测涡轮壳工件101传送到各个指定工位;

[0064] 第一光电开关111:为对射式光电开关,用于检测运动滑座110是否到达指定检测工位;

[0065] 遮光板112:安装在运动滑座110上,用于在运动滑座110移动过程中触发第一光电开关111;

[0066] 主控系统113:用于控制各运动机构、组合光源系统及工业摄像机的协调工作,并对工业摄像机采集的工件表面缺陷图像进行处理和缺陷检测;

[0067] 显示器114,用于实时输出被测涡轮壳工件101在各检测工位上的表面缺陷图像及其检测结果。

[0068] 如图2所示,本实施例的第二检测工位执行第三检测模块功能,系统包括:

[0069] 第二工业摄像机201:用于采集被测涡轮壳工件101涡轮曲线孔的表面缺陷图像,并通过接口将图像传送给主控系统113;

[0070] 第二安装机构202:用于将第二工业摄像机201固定安装在检测装置的底座108上;

[0071] 第二光电开关203:为对射式光电开关,用于检测运动滑座110是否到达指定检测

工位；

[0072] 光源安装机构204:用于将面光源205固定安装在检测装置的底座108上；

[0073] 面光源205:以明域照明方式对被测涡轮壳工件101打光,为检测涡轮壳工件101涡轮曲线孔表面缺陷提供合适的光照条件。

[0074] 如图1和图2所示,汽车发动机涡轮壳表面缺陷的机器视觉检测方法实现步骤如下:

[0075] 步骤一,在检测装置的安装工位,通过工件夹具109将被测涡轮壳工件101装夹在运动滑座110上;

[0076] 步骤二,按下启动按钮,电机驱动运动滑座110直线移动,当遮光板112触发第一光电开关111时,表明被测涡轮壳工件101到达检测装置的第一检测工位。此时,主控系统113发出控制信号,点亮高角度光源105,以明域照明方式为工件打光。同时第一工业摄像机106采集被测涡轮壳工件101出气法兰面和中间壳端面两处的表面缺陷图像并传送给主控系统113,由主控系统113的第一检测模块进行表面磕碰、疏松、塌边及渣孔类缺陷检测;

[0077] 步骤三,主控系统113发出控制信号,关闭高角度光源105,同时两个低角度光源104向被测涡轮壳工件101合拢并到达正确打光位置。然后点亮低角度光源104,采用暗域照明方式为工件打光。同时第一工业摄像机106采集被测涡轮壳工件101出气法兰面和中间壳端面两处的表面缺陷图像并传送给主控系统113,由主控系统113的第二检测模块进行工件表面划痕、磨痕及裂纹类缺陷检测;

[0078] 步骤四,主控系统113控制关闭低角度光源104,两个低角度光源104向两侧分开并回到初始位置,电机驱动被测涡轮壳工件101运动到检测装置的第二检测工位,此时遮光板112触发第二光电开关203。然后点亮面光源205,采用明域照明方式为工件打光,同时第二工业摄像机201从另外一侧采集被测涡轮壳工件101涡轮曲线孔表面图像并传送给主控系统113,由主控系统113的第三检测模块进行涡轮曲线孔的表面缺陷检测;

[0079] 步骤五,关闭面光源205,电机驱动被测涡轮壳工件101返回到检测装置的安装工位,取下被测涡轮壳工件101,同时主控系统113通过显示器114显示输出涡轮壳表面缺陷检测结果,并给出合格性判定。

[0080] 对本发明保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本发明的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

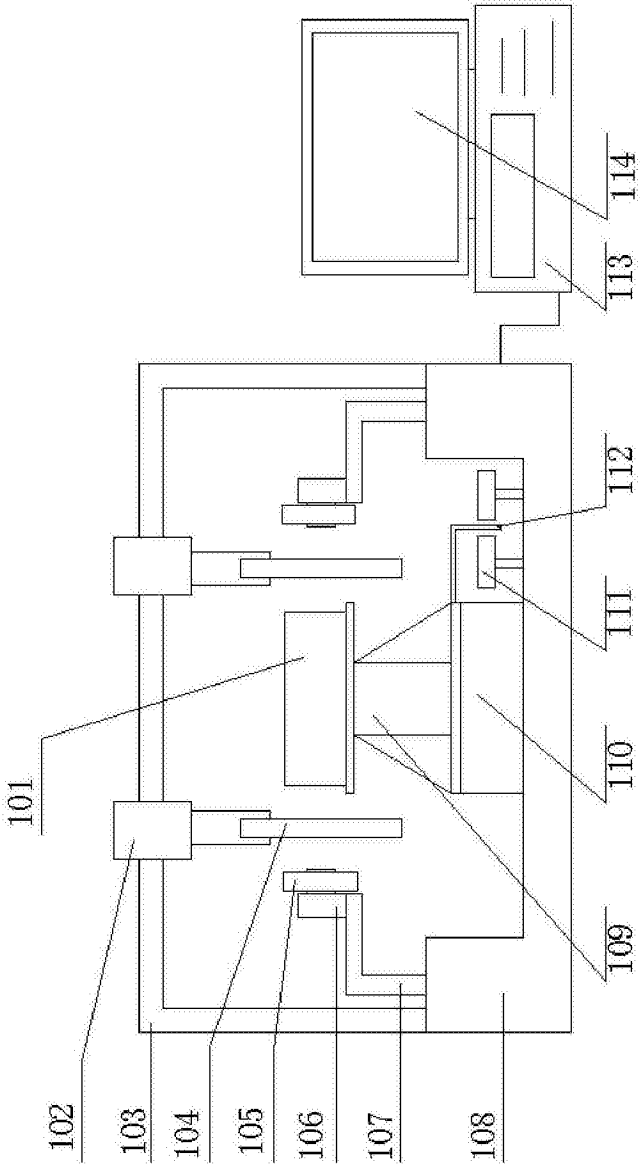


图1

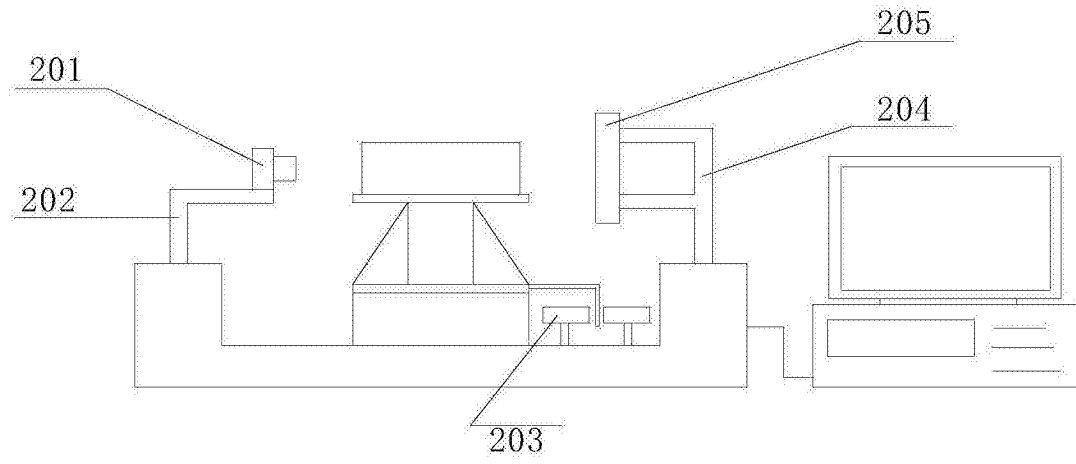


图2