



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108527007 B

(45)授权公告日 2020.05.19

(21)申请号 201810267704.3

(22)申请日 2018.03.29

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108527007 A

(43)申请公布日 2018.09.14

(73)专利权人 上海大学

地址 200444 上海市宝山区上大路99号

(72)发明人 李静 朱凯 祝更生 徐源岐

邓宗乾

(74)专利代理机构 上海上大专利事务所(普通

合伙) 31205

代理人 陆聪明

(51)Int.Cl.

B23Q 17/20(2006.01)

(56)对比文件

US 5267381 A, 1993.12.07,

CN 106500628 A, 2017.03.15,

CN 107270833 A, 2017.10.20,

审查员 梁锦松

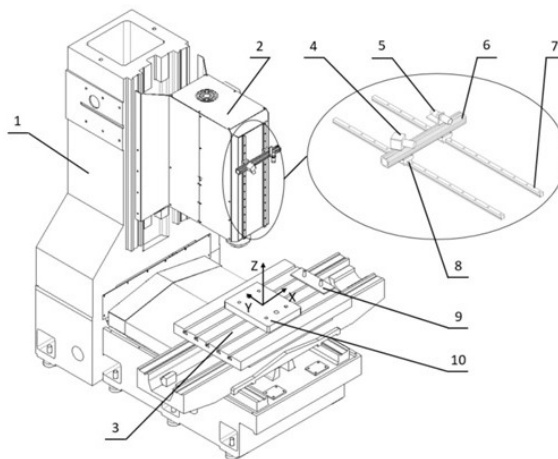
权利要求书2页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

基于光学三角测量法的立式加工中心在机测量系统及方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于光学三角测量法的立式加工中心在机测量系统及方法。该在机测量系统和方法充分利用立式加工中心运动轴高精度运动特性,通过机床数控系统控制运动轴匀速运动,同时触发工业相机和激光器进行工件点云数据采集,利用上位机处理工件坐标系中的三维点云数据,实现对被测工件几何特征检测。借助立式加工中心主轴箱来安装在机测量系统的滑轨和测量装置,可实现测量装置加工工位和测量工位的转换。同时根据测量范围大小配有不同规格标定块,通过固定的标定块底板实现标定块的模块化安装。该系统充分与立式加工中心集成,安装简单,方法容易,可实现一次装夹完成待加工工件的检测与加工,保证了较高的检测精度和加工补偿精度。



1. 一种基于光学三角测量法的立式加工中心在机测量系统,包括测量模块、标定模块以及立式加工中心本身自带的数控系统和上位机软件处理模块,其特征在于:所述测量模块由安装在加工中心主轴箱(2)上的工业相机(4)、激光器(5)、相机支架(6)、直线导轨(7)、导轨滑块(8)构成,用于完成在机工件点云数据的获取;所述标定模块包括安装在加工中心工作台(3)上的标定块基座(9)和多个规格标定块,用于完成相机标定工作;所述上位机软件处理模块连接测量模块和数控系统;所述立式加工中心的数控系统控制加工中心运动,触发工业相机(4)以及激光器(5)启闭信号,上位机软件处理模块对工件(10)几何测量误差进行评价。

2. 根据权利要求1所述的基于光学三角测量法的立式加工中心在机测量系统,其特征在于所述测量模块中的直线导轨(7)通过螺栓连接方式紧固在主轴箱(2)表面,所述相机支架(6)通过与导轨滑块(8)连接保持与加工中心工作台(3)平面平行,所述工业相机(4)和激光器(5)安装在相机支架(6)另一面;所述导轨滑块(8)为手动可固定滑块,测量模块可方便地在加工和测量状态下切换工作模式;所述工业相机(4)与激光器(5)之间的距离和安装角度可变化以获得高度方向最佳精度,同时适用于不同材料工件的三维点云数据采集;工件(10)被夹持在立式加工中心工作台(3)上。

3. 根据权利要求1所述的基于光学三角测量法的立式加工中心在机测量系统,其特征在于安装集成方案中充分利用立式加工中心工作台(3)X轴、Y轴及Z轴高精度运动特性,根据光学成像原理计算工业相机成像高度,通过微调Z轴方向使得位于测量工位的工业相机(4)和激光器(5)有最佳的测量高度,通过控制Y轴使得工件(10)及标定块位于工业相机(4)视场中,即测量工位,通过控制X轴带动被夹持工件(10)匀速运动实现工件(10)和工业相机(4)之间的相对直线运动;借助立式加工中心数控系统触发所述工业相机(4)和激光器(5)启闭信号,工业相机分别于数控系统和上位机连接,达到信号触发和数据采集同步的目的,并将采集的工件三维点云数据实时传送到上位机,利用上位机工件点云处理软件对工件几何测量误差进行评价。

4. 根据权利要求1所述的基于光学三角测量法的立式加工中心在机测量系统,其特征在于针对不同测量范围的工件设置有不同规格标定块,标定模块中所述标定块基座(9)设有两销,通过机床压板固定在加工中心工作台(3)一侧,所述不同规格标定块底端设有与之配合的两销孔基于两销一面原理实现标定块定位,以确定视觉坐标系与工件加工坐标系之间的关系。

5. 一种基于光学三角测量法的立式加工中心在机测量方法,采用根据权利要求1所述的基于光学三角测量法的立式加工中心在机测量系统进行操作,其特征在于包括以下步骤:

(1) 将测量模块从待机工位沿直线导轨移到测量工位并固定,控制加工中心工作台运动至相机视场中;

(2) 根据工件规格尺寸选用符合测量范围的标定块,将标定块安装在标定块底座,上位机控制相机运行标定程序,处理视觉坐标系与工件坐标系转换关系;

(3) 加工中心数控系统同时触发加工中心X轴运动信号和测量装置采集信号,工业相机通过获取加工中心运动参数采集工件轮廓点云数据;

(4) 上位机根据视觉坐标系与工件坐标系关系,将点云数据转换到工件坐标系中并对

点云数据进行处理,提取工件几何特征进行测量。

基于光学三角测量法的立式加工中心在机测量系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于在机测量领域,具体涉及一种基于光学三角测量法的立式加工中心在机测量系统及方法。

背景技术

[0002] 在机测量就是以机床硬件为载体,借助相应的测量工具,在机床上完成零件几何特征测量的技术。实践证明,在机测量不同于三坐标测量,不仅可以实时地测量数据,避免重复定位和二次装夹,还可以直接将测量结果用于加工误差补偿,实现了加工生产和测量检测一体化。从测量方式角度来看,在机测量可分为接触式、非接触式两类。接触式在机测量系统需要借助机床宏程序对测量路径进行编程实现检测,非接触式测量则利用激光测头对物体进行测量。由于接触式测头在测量中的测量力不易控制,同时其测量效率不高且测头半径存在误差,但当采用非接触式激光测量时,可以避免接触式测量的缺点,同时可以对曲面薄板类物体进行测量,因此非接触式测量已成为在机测量发展的重要方向。基于光学三角测量原理的机器视觉测量技术很好地解决了非接触在机测量问题。激光扫描法依据光学三角法测量原理,以激光作为光源,将其投射到工件表面,并采用光电敏感元件在另一位置接受激光的反射能量,根据光点或光条在物体上成像的偏移,通过被测物体基平面、像点、像距等之间的关系计算物体的深度信息。因此,借助立式加工中心高精度运动平台,基于光学三角测量原理的在机测量技术成为提高自动化检测效率和补偿精度的必要方法。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于针对已有技术不能提供一种通用简单的在机测量方案,提供一种基于光学三角测量法的立式加工中心在机测量系统及方法。该系统充分利用立式加工中心高精度运动特性以及加工中心本身自带的数控系统和上位机实现整个测量系统的运动与控制,进而完成工件加工在机测量工作。

[0004] 为了达到上述目的,本发明的构思是:该在机测量系统基于光学三角测量原理,将测量装置及导轨安装在加工中心主轴箱表面,整个测量装置可随主轴箱以及主轴箱表面导轨做竖直运动,避免立式加工中心在加工工件时可能影响测量装置。充分利用立式加工中心立轴(Z轴)高精度运动设置测量装置最佳测量高度,利用加工中心工作台联动轴(X轴、Y轴)实现测量装置标定以及测量装置与工件之间的相对运动。立式加工中心工作台一侧固定标定模块,以适应测量装置不同测量范围的需求。工业相机通过获取加工中心三轴运动参数以及自身标定结果实现工件三维点云的采集,上位机点云处理软件进行视觉坐标系与工件坐标系转换,基于工件坐标系下的点云数据进行工件几何特征的测量,并用于工件加工误差补偿。该系统和方法方便对工件进行在机测量,提高了工件测量效率,并保证了加工精度,同时该装置安装集成简单,有很强的可移植性。

[0005] 根据上述构思,本发明采用以下技术方案:一种基于光学三角测量法的立式加工中心在机测量系统,包括测量模块、标定模块以及立式加工中心本身自带的数控系统和上

位机软件处理模块。所述测量模块由安装在加工中心主轴箱上的工业相机、激光器、相机支架、直线导轨、导轨滑块构成,用于完成在机工件点云数据的获取。所述标定模块包括安装在加工中心工作台上的标定块基座和多个规格标定块,用于完成相机标定工作。所述上位机软件处理模块连接测量模块和数控系统。所述立式加工中心的数控系统控制加工中心运动,触发工业相机以及激光器启闭信号,上位机软件处理模块对工件几何测量误差进行评价。

[0006] 进一步的,所述直线导轨为燕尾槽导轨,通过螺栓连接方式紧固在主轴箱表面且导轨长度方向垂直于加工中心工作台。所述导轨滑块为手动可固定滑块,在直线导轨上做高精度运动,当测量装置运动到测量工位或者待机工位时通过紧锁内部锁块可以手动固定滑块的位置。工件进行加工时,测量装置处于待机工位,工件进行测量时,相机装置在直线导轨的引导下运动到测量工位,紧固锁紧滑块,相机支架平行于加工中心工作台表面且被固定在测量工位。工业相机与激光器之间的距离和安装角度可以变化以获得高度方向最佳精度,同时适用于不同材料工件的三维点云数据采集。所述激光器为结构光线性激光器,其激光投射到标定块或被测物体表面。

[0007] 进一步的,测量过程中充分利用立式加工中心工作台联动轴(X轴、Y轴)及立轴(Z轴)高精度运动特性。根据光学成像原理计算工业相机成像高度,通过微调Z轴方向使得位于测量工位的工业相机和激光器有最佳的测量高度。通过控制Y轴使得工件及标定块处于工业相机视场中,即测量工位。通过控制X轴带动被夹持工件匀速运动实现工件和工业相机之间的相对直线运动以获取完整工件测量数据。借助立式加工中心数控系统触发所述工业相机和激光器启闭信号,工业相机分别于数控系统和上位机连接,达到信号触发和数据采集同步的目的,并将采集的工件三维点云数据实时传送到上位机,利用上位机工件点云处理软件对工件几何测量误差进行评价。

[0008] 进一步的,针对不同测量范围的工件设置有不同规格标定块。标定模块中所述标定块基座设有两销,通过机床压板固定在加工中心工作台一侧。所述不同规格标定块底端设有与之配合的两销孔基于两销一面原理实现标定块定位,以确定视觉坐标系与工件加工坐标系之间的关系。

[0009] 一种用于三轴立式加工中心的基于光学三角测量原理的在机测量方法,包括下述步骤:

[0010] (1) 将测量装置从待机工位沿直线导轨移到测量工位并固定,加工中心工作台运动至相机视场中。

[0011] (2) 根据工件规格尺寸选用符合测量范围的标定块,将标定块安装在标定块底座。上位机控制相机运行标定程序,处理视觉坐标系与工件坐标系转换关系。

[0012] (3) 加工中心数控系统同时触发加工中心X轴运动信号和测量装置采集信号,工业相机通过获取加工中心运动参数采集工件轮廓点云数据。

[0013] (4) 上位机根据视觉坐标系与工件坐标系关系,将点云数据转换到工件坐标系中并对点云数据进行处理,提取工件几何特征进行测量。

[0014] 本发明与现有技术相比较,具有以下突出实质特点和显著优点:

[0015] (1) 本发明充分利用立式加工中心高精度运动特性以及机床本身自带的数控系统和上位机,无需额外的控制器,整个测量系统利于集成。

[0016] (2) 本发明借助加工中心主轴箱安装导轨以及测量装置,结构简单,便于拆卸与安装,同时实现了整个测量装置待机工位与测量工位的切换,既保护了测量装置,又避免工件进行二次装夹和重复定位,大幅度提高了测量效率,具有较高的测量精度,同时利于工件的加工补偿。

[0017] (3) 本发明适用于不同测量范围,通过安装不同规格标定块实现相机标定,从而适应各种尺寸工件的在机测量。整套测量系统安装容易方便,测量精度高,测量速度快,有很强的可移植性。

附图说明

[0018] 图1在机测量系统示意图

[0019] 图2在机测量系统原理图

[0020] 图3在机测量系统操作流程

[0021] 图4在机测量系统待机工位示意图

[0022] 图5在机测量系统检测工位示意图

[0023] 图6视觉坐标系和工件坐标系转换关系示意图

具体实施方式

[0024] 本发明优选实例结合附图说明如下:

[0025] 实施例一:

[0026] 参见图1,本基于光学三角测量法的立式加工中心在机测量系统,包括测量模块、标定模块以及立式加工中心本身自带的数控系统和上位机软件处理模块。测量模块由安装在加工中心主轴箱2上的工业相机4、激光器5、相机支架6、直线导轨7、导轨滑块8构成,用于完成在机工件点云数据的获取。标定模块包括安装在加工中心工作台3上的标定块基座9和多个规格标定块,用于完成相机标定工作。上位机软件处理模块连接测量模块和数控系统。立式加工中心的数控系统控制加工中心运动,触发工业相机4以及激光器5启闭信号,上位机软件处理模块对工件10几何测量误差进行评价。

[0027] 实施例二:

[0028] 本实施例与实施例一基本相同,特别之处如下:

[0029] 测量模块中的直线导轨7为燕尾槽导轨,通过螺栓连接方式紧固在主轴箱2表面,两条直线导轨7保持平行且垂直于加工中心工作台3平面。相机支架6通过与导轨滑块8连接保持与加工中心工作台3平面平行,工业相机4和激光器5安装在相机支架6另一面。导轨滑块8为手动可固定滑块,测量模块可方便地在加工和测量状态下切换工作模式。工业相机4与激光器5之间的距离和安装角度可变化以获得高度方向最佳精度,同时适用于不同材料工件的三维点云数据采集,工业相机4的中心线与激光器5的激光平面形成 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 夹角。工件10被夹持在立式加工中心工作台3上。充分利用立式加工中心工作台3X轴、Y轴及Z轴高精度运动特性,根据光学成像原理计算工业相机成像高度,通过微调Z轴方向使得位于测量工位的工业相机4和激光器5有最佳的测量高度,通过控制Y轴使得工件10及标定块位于工业相机4视场中,即测量工位,通过控制X轴带动被夹持工件10匀速运动实现工件10和工业相机4之间的相对直线运动。借助立式加工中心数控系统触发所述工业相机4和激光器5启

闭信号,工业相机分别于数控系统和上位机连接,达到信号触发和数据采集同步的目的,并将采集的工件三维点云数据实时传送到上位机,利用上位机工件点云处理软件对工件几何测量误差进行评价。

[0030] 针对不同测量范围的工件设置有不同规格标定块,标定模块中所述标定块基座9设有两销,通过机床压板固定在加工中心工作台3一侧,不同规格标定块底端设有与之配合的两销孔基于两销一面原理实现标定块定位,以确定视觉坐标系与工件加工坐标系之间的关系。

[0031] 实施例三:

[0032] 参见图2,图3,图6,本基于光学三角测量原理的在机测量方法,采用上述系统进行操作,其方法为:

[0033] 在工件加工完成需要进行测量时,需要将测量装置从待机工位沿直线导轨移到测量工位,锁紧滑块以固定相机支架。根据光学成像原理计算工业相机成像高度,通过微调立式加工中心Z轴使得工业相机和激光器处于最佳测量高度,通过运动加工中心Y轴使工件和标定块位于工业相机视场中心,无需二次装夹工件即可完成加工工位和测量工位的转换。若工业相机镜头焦距为 f ,视场大小为 FOV ,镜头靶面尺寸为 CCD ,则其最佳测量高度 H 的计算方法为:

$$[0034] \quad H = \frac{f \times FOV}{CCD}$$

[0035] 根据工件规格尺寸选用符合测量范围的标定块,将标定块按照两销一面的定位原理安装在标定块底座。通过机床数控系统启动工业相机和激光器,上位机调用相机标定程序完成相机参数设置,并计算视觉坐标系和工件坐标系之间的矩阵转换关系。视觉坐标系 $O_cX_cY_cZ_c$ 中的点 (x_c, y_c, z_c) 与工件坐标系 $OXYZ$ 中的点 (x, y, z) 之间对应矩阵关系为:

$$[0036] \quad \begin{aligned} (x, y, z, 1) &= (x_c, y_c, z_c, 1) \cdot T \cdot R \\ &= (x_c, y_c, z_c, 1) \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -x_j & -y_j & -z_j & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

[0037] (x_j, y_j, z_j) 为工件坐标系 $OXYZ$ 原点在视觉坐标系 $O_cX_cY_cZ_c$ 中的位置, θ 为对应坐标系之间的绕Z轴的旋转角度。

[0038] 完成相机标定后对工件进行测量,上位机运行测量程序,机床数控系统控制加工中心X轴运动,同时触发工业相机采集指令,工作台带动工件做平移运动,实现工业相机和工件之间的相对运动。相机获取加工中心运动参数采集工件轮廓点云数据并通过网口通讯方式传输给上位机。

[0039] 上位机根据视觉坐标系与工件坐标系关系,将点云数据转换到工件坐标系中并对点云数据进行处理,提取工件几何特征进行检测。

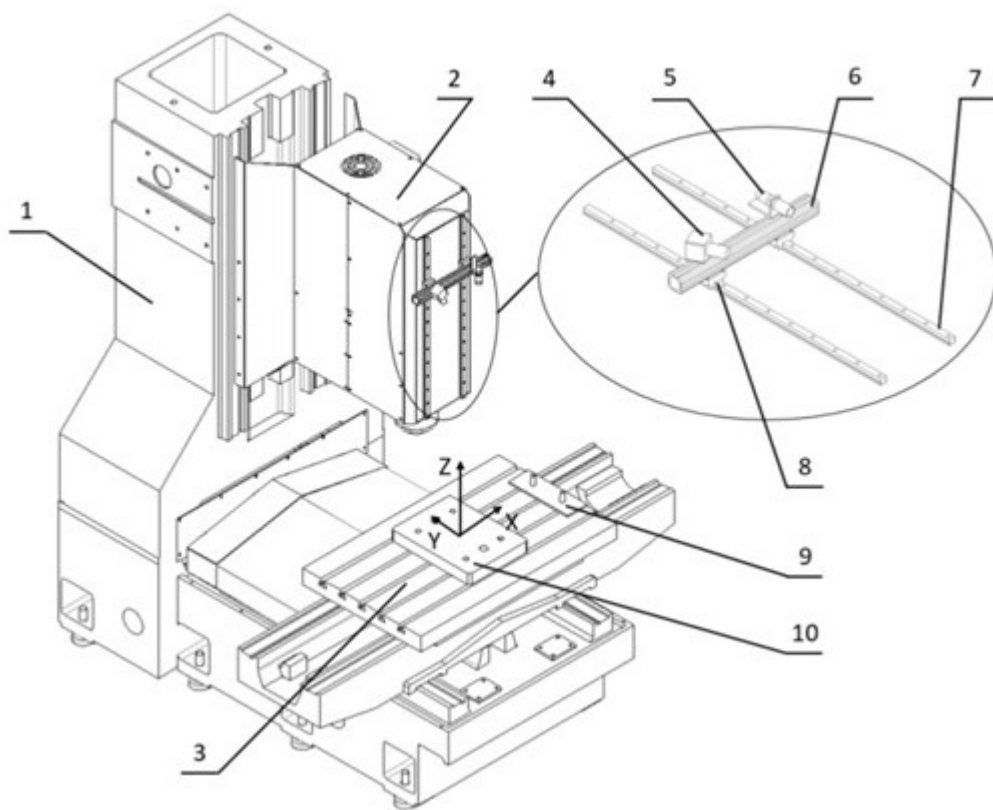


图 1

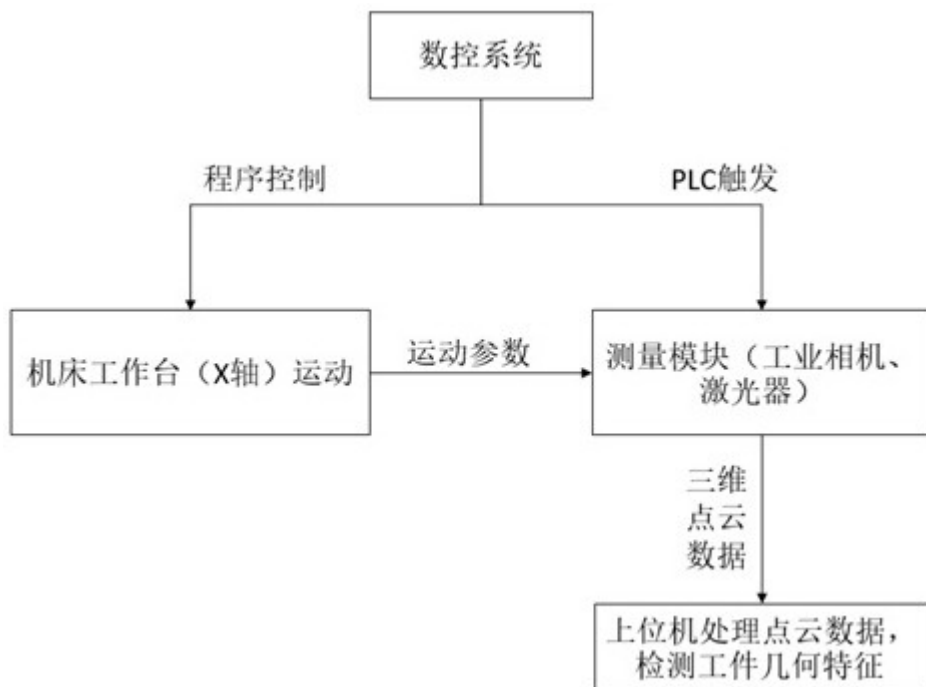


图 2

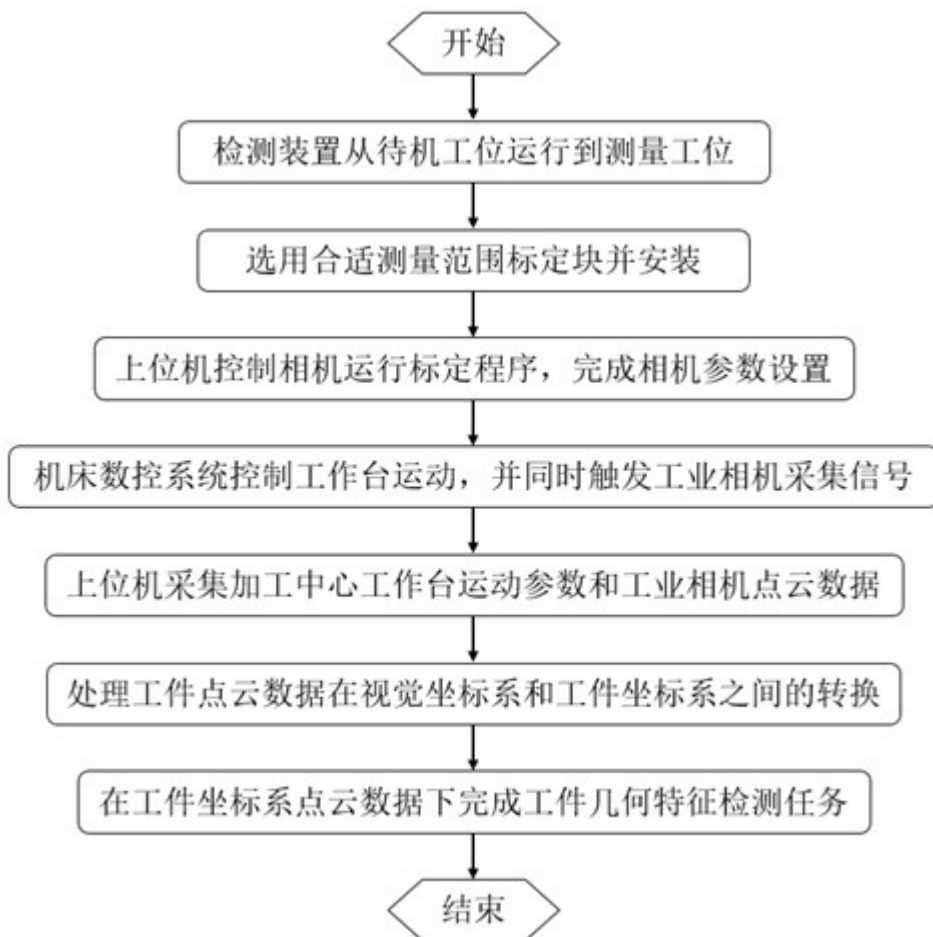


图 3

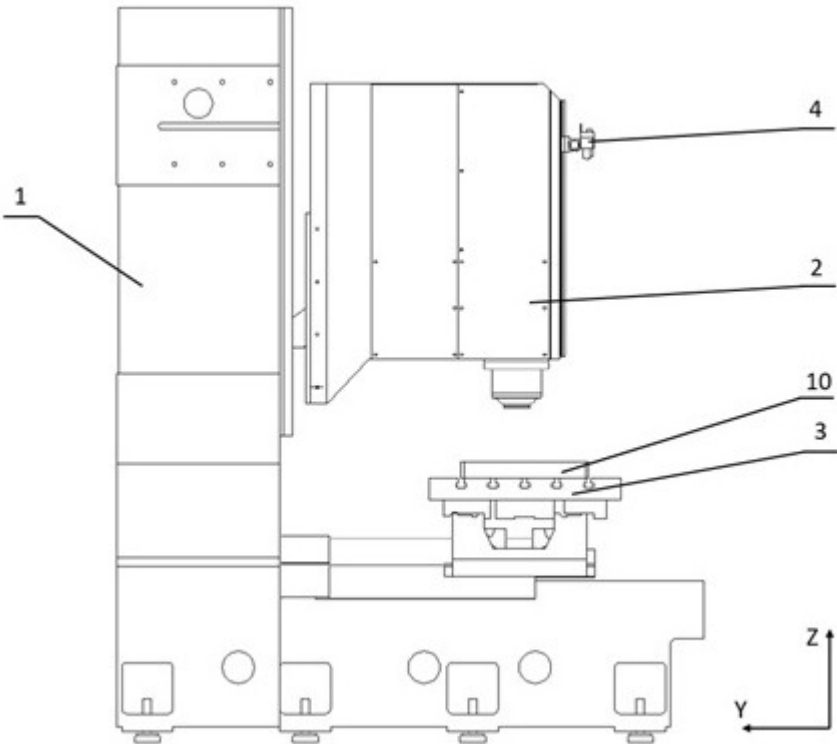


图 4

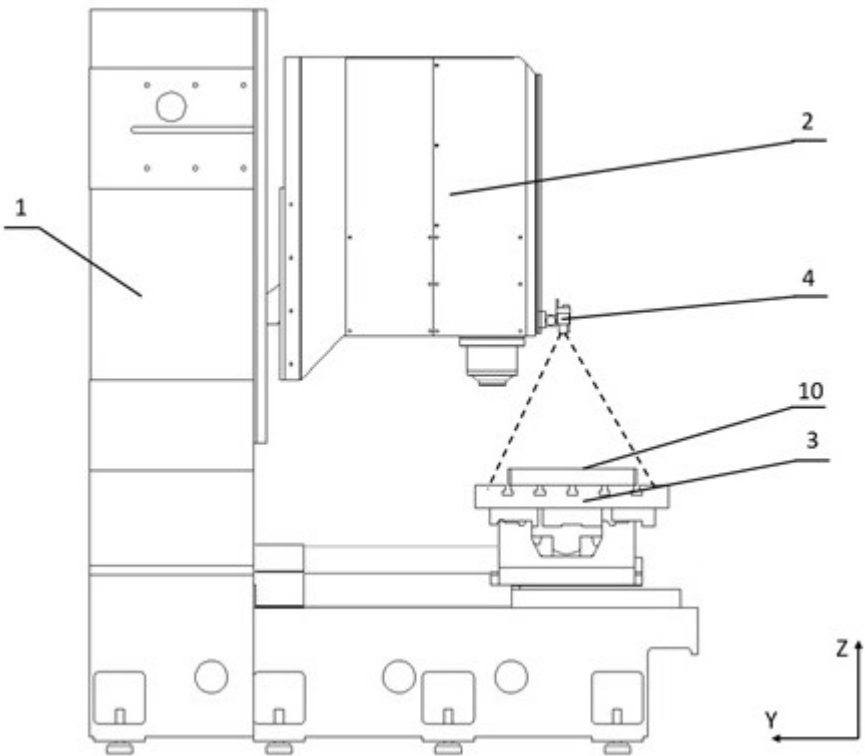


图 5

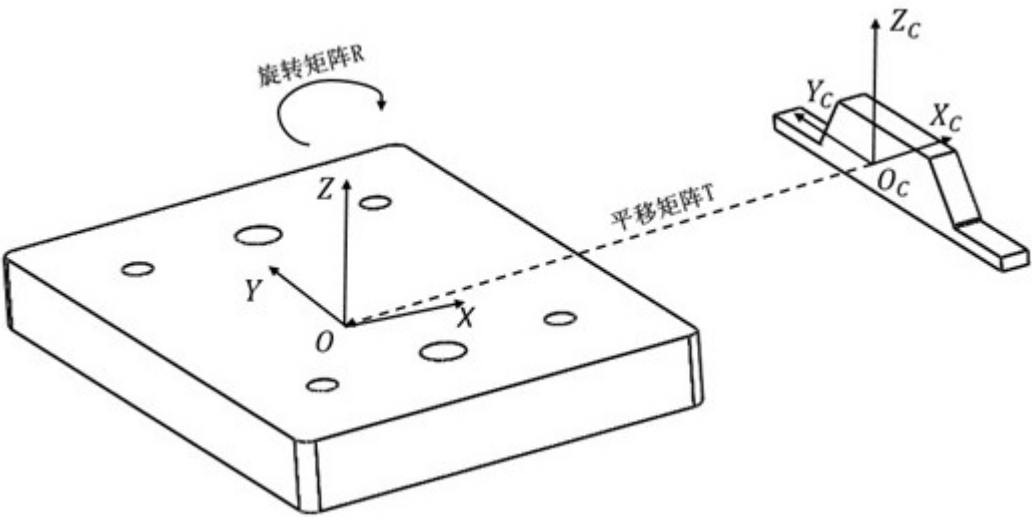


图 6