



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108188835 B

(45) 授权公告日 2020. 11. 10

(21) 申请号 201711297741.0

(22) 申请日 2017.12.08

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108188835 A

(43) 申请公布日 2018.06.22

(73) 专利权人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁西路28号

(72) 发明人 赵万华 李旻 苏东旭 路壮壮

(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 强宏超

(51) Int.Cl.

B23Q 17/24 (2006.01)

B23Q 15/18 (2006.01)

(56) 对比文件

JP S56139816 A,1981.10.31

DE 4431059 A1,1996.03.07

JP S5748448 A,1982.03.19

EP 1329688 A3,2005.12.14

CN 103940374 A,2014.07.23

CN 106840028 A,2017.06.13

审查员 马飞菲

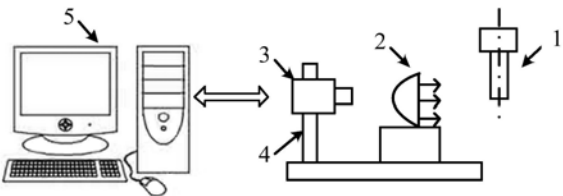
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

基于机器视觉的数控机床主轴热伸长测试装置及测试方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于机器视觉的数控机床主轴热伸长测试装置及测试方法,利用相机直接完成数控机床刀具数字图像的采集,数字图像传输至计算机内进行处理,可识别刀具类型和刀心点,通过相机采集刀具在刚启动和运行一段时间后的数字图像,通过对比机床运行前后刀具图像,基于OpenCV计算两幅图像中刀心点偏移量,计算刀心点的偏移量即可获得主轴热伸长值,无需额外的标准棒,节约了测量时间,且具有较高的精度。



1. 基于机器视觉的数控机床主轴热伸长测试装置, 其特征在于: 包括刀具 (1)、相机 (3) 和计算机 (5);

刀具 (1) 通过刀柄与数控机床主轴相联接, 相机 (3) 通过支架 (4) 安装在数控机床上; 使相机 (3) 的镜头瞄准刀具 (1) 的前端, 相机 (3) 的视场水平方向与刀具 (1) 轴线相互垂直, 在刀具 (1) 和相机 (3) 之间安装照明的DOME光源; 通过相机 (3) 采集得到的刀具的多张图像信号通过数据线传输至计算机 (5), 利用OpenCV软件完成数字图像的处理、存储和显示, 利用OpenCV软件提取图像中刀具底刃边缘特征, 识别刀具类型和刀心点, 通过对比机床运行前后刀具图像, 基于OpenCV计算两幅图像中刀心点偏移量, 计算刀心点的偏移量即可获得主轴热伸长值, 进而完成主轴热伸长的测试。

2. 一种基于权利要求1所述测试装置的数控机床主轴热伸长测试方法, 其特征在于, 包括如下步骤:

(1) 相机精度标定: 利用黑白棋盘格标定板完成相机精度标定, 首先相机在不同角度对标定板拍照, 将采集到的多张图像导入相机标定工具箱进行标定, 计算获得工业相机内参和外参矩阵以及畸变系数;

(2) 刀具与刀尖点识别: 通过移动刀具和调整相机 (3) 位置, 保证相机 (3) 瞄准刀具 (1) 前端, 刀具 (1) 进入相机 (3) 视场, 且视场的水平方向与刀具 (1) 轴线相互垂直, 记录当前机床坐标, 记为 (X_n, Y_n, Z_n) , 规定该位置为测试指定位置, 利用相机 (3) 对此时刀具 (1) 进行拍照, 并将采集的图像信号传输至计算机 (5), 利用OpenCV软件提取图像中刀具底刃边缘特征, 识别刀具类型和刀心点;

(3) 数控机床主轴热伸长测试: 将刀具 (1) 移动至测试指定位置, 刀具 (1) 进入相机 (3) 视场, 相机 (3) 拍照并将采集的图像传输至计算机 (5), 该图像为初始状态的刀具 (1) 图像, 记为图像0, 移动刀具 (1) 使其远离测试指定位置, 启动数控机床并连续运行一段时间, 停机并将刀具移动至测试指定位置 (X_n, Y_n, Z_n) , 相机 (3) 采集数字图像并传输至计算机 (5), 记录此时的图像为图像1, 对比图像1和图像0, 根据步骤 (2) 中识别出的刀具类型和刀心点, 计算刀心点在Z方向上的偏移量, 即获得主轴该段时间内产生的热伸长量; 再移动刀具 (1) 使其离开测试指定位置, 连续运行机床, 每隔一段时间, 重复上述步骤, 通过对比不同时刻采集到的图像i与初始图像0中刀尖点的偏移量, 可实现不同时刻主轴热伸长的测量; 若更换刀具, 需记录当前刀具编号n, 并重复步骤 (2), 重新确定刀具类型和刀心点, 重复步骤 (3), 即可完成不同时刻的主轴热伸长测试;

相机 (3) 通过支架 (4) 安装数控机床上;

所述步骤 (1) 相机在不同角度对黑白棋盘格标定板拍照, 采集15~20张图像导入相机标定工具箱进行标定。

基于机器视觉的数控机床主轴热伸长测试装置及测试方法

技术领域

[0001] 本发明涉及热误差测试领域,具体涉及一种基于机器视觉的数控机床主轴热伸长测试装置及测试方法。

背景技术

[0002] 主轴是数控机床中最重要的功能部件之一,当主轴高速运转时,机械主轴轴承内部滚动体与内、外圈接触区域,由于摩擦会产生大量热,进而引起主轴系统温度升高,引起主轴热伸长;与机械主轴不同,电主轴系统中存在嵌入式电机,电机在实现能量转换的过程中,由于内部功率损耗,电机的转子和定子均产生大量热,这部分热量也会传入主轴进而产生一定的热变形,影响机床的加工精度。主轴热伸长是影响机床精度的主要误差源之一,如何快速、可靠的检测出主轴热伸长,建立热伸长补偿模型并实施补偿,是减小主轴热伸长、保证数控机床加工精度的关键。

[0003] 在国内,近年来也开展了多种主轴热伸长测试方法的研究。如商鹏利用球杆仪,分别对机床初始状态和发生热变形后进行多组数据采集,再依据热误差分析图进行几何关系计算,最终获得主轴在X、Y、Z三个方向的热误差。李书和发明了一种主轴热误差测量装置,该装置测试原理如下:在工作台上安装接触球(球阵列),在主轴端部安装接触测头,通过移动机床使测头分别触碰接触球并记录每一个球的坐标,通过对主轴在运行前和运行一段时间后两次测量得到的球坐标值进行相关计算,即可得到主轴热误差。阳红提出了一种利用标准球和电容传感器测试主轴热误差的测试方法,通过在主轴端部安装标准球,在工作台与标准球的平行位置安装电容传感器(工作台远离主轴系统热源,假设无热变形),测量主轴运转前后标准球与电容传感器之间的间距变化,可计算求得主轴热伸长。除此之外,ISO230-3中提到了一种用于测量主轴5个自由度的热变形的非接触测量装置和测试方法,该装置由标准棒、5个位移传感器、支撑架等组成,可以同时完成主轴热伸长(Z向)、主轴径向误差(X向、Y向)和两个倾斜误差共5个自由度的热误差测试。

[0004] 综上所述,主轴热伸长的测试仪器与方法主要有接触式和非接触式两种。接触式测试方法,如用接触球和接触测头,在测试时,要求操作人员具有一定的经验,测试结果准确度依赖操作人员的熟练度,测试精度有限。非接触式测量,如ISO230中提到的5自由度热变形测量装置,可同时测出包含主轴热伸长在内的多个方向的热误差,但需配有标准棒,增加了成本,且在实际加工中需要将刀具更换为标准棒,增加了测试时间

发明内容

[0005] 针对现有技术的不足,本发明目的在于提出一种基于机器视觉的数控机床主轴热伸长测试装置及测试方法,降低已有数控机床主轴热伸长测试仪器和测试方法的价格成本、时间成本,保证操作简便且具有较好的测试精度。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用如下方案:

[0007] 基于机器视觉的数控机床主轴热伸长测试装置,包括刀具、相机和计算机;

[0008] 刀具通过刀柄与数控机床主轴相联接,相机安装在支架上,使相机的镜头瞄准刀具的前端,相机的视场水平方向与刀具轴线相互垂直;通过相机采集得到的图像信号通过数据线传输至计算机,利用OpenCV软件完成数字图像的处理、存储和显示。

[0009] 进一步,在刀具和相机之间安装照明的光源。

[0010] 进一步,光源为DOME光源。

[0011] 一种基于权利要求所述测试装置的数控机床主轴热伸长测试方法,包括如下步骤:

[0012] 相机精度标定:利用黑白棋盘格标定板完成相机精度标定,首先相机在不同角度对标定板拍照,将采集到的多张图像导入相机标定工具箱进行标定,计算获得工业相机内参和外参矩阵以及畸变系数;

[0013] 刀具与刀尖点识别:通过移动刀具和调整相机位置,保证相机瞄准刀具前端,刀具进入相机视场,且视场的水平方向与刀具轴线相互垂直,记录当前机床坐标,记为 (X_n, Y_n, Z_n) ,规定该位置为测试指定位置,利用相机对此时刀具进行拍照,并将采集的图像信号传输至计算机,利用OpenCV软件提取图像中刀具底刃边缘特征,识别刀具类型和刀心点;

[0014] 数控机床主轴热伸长测试:将刀具移动至测试指定位置,相机拍照并将采集的图像传输至计算机,该图像为初始状态的刀具图像,记为图像0,移动刀具使其远离测试指定位置,启动数控机床并连续运行一段时间,停机并将机床至测试指定位置,相机采集数字图像并传输至计算机,记录此时的图像为图像1,对比图像1和图像0,根据步骤中识别出的刀具类型和刀心点,计算刀心点在Z方向上的偏移量,即获得主轴该段时间内产生的热伸长量;再移动刀具使其离开测试指定位置,连续运行机床,每隔一段时间,重复上述步骤,通过对比不同时刻采集到的图像i与初始图像0中刀尖点的偏移量,可实现不同时刻主轴热伸长的测量。

[0015] 进一步,相机通过支架安装数控机床上。

[0016] 进一步,所述步骤相机在不同角度对黑白棋盘格标定板拍照,采集15~20张图像导入相机标定工具箱进行标定。

[0017] 本发明的优点在于:

[0018] 本发明基于机器视觉的数控机床主轴热伸长测试装置及测试方法,利用相机直接完成数控机床刀具数字图像的采集,数字图像传输至计算机内进行处理,可识别刀具类型和刀心点,通过相机采集刀具在刚启动和运行一段时间后的数字图像,通过对比机床运行前后刀具图像,基于OpenCV计算两幅图像中刀心点偏移量,计算刀心点的偏移量即可获得主轴热伸长值,无需额外的标准棒,节约了测量时间,且具有较高的精度。

[0019] 本发明所述主轴热伸长测试方法原理简单、操作方便、工作效率较高,具有较好的工程应用价值,利用该装置可快速、准确的实现主轴热伸长的在线测量,使用方便。

附图说明

[0020] 图1是本发明中相机标定用的黑白棋盘格标定板;

[0021] 图2是利用本发明对立式三轴数控铣床主轴热伸长测试时装置安装位置示意图;

[0022] 图3是本发明的测量原理;

[0023] 图4是本发明测试得到的主轴热伸长前后刀具位置示意图;

[0024] 图中:1-刀具,2-光源,3-相机,4-支架,5-计算机。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图对本发明做进一步说明。

[0026] 如图2和图3所示:本发明所述基于机器视觉的数控机床主轴热伸长测试装置,包括刀具1、光源2、相机3和计算机5,刀具1通过刀柄与数控机床主轴相联接,相机3安装在支架4上。相机3的镜头瞄准刀具1的前端,相机3的视场水平方向与刀具1轴线相互垂直。相机3采集得到的图像信号通过数据线传输至计算机5,利用OpenCV软件可完成数字图像的处理、存储和显示。

[0027] 为获得清晰的数字图像,在刀具1和相机3之间安装光源2,光源2为DOME光源,其具有高均匀性的特点,适用于螺旋铣刀这类表面凹凸不平、反光物体的检测。

[0028] 本发明所述基于机器视觉的数控机床主轴热伸长测试方法如下:

[0029] (1) 相机精度标定:利用如图1所示的黑白棋盘格标定板完成相机精度标定,首先相机在不同角度对标定板拍照,采集到15~20张图像,然后将图像导入相机标定工具箱进行标定,计算获得工业相机内参和外参矩阵以及畸变系数;

[0030] (2) 刀具与刀尖点识别:将刀具1安装在三轴立式铣床主轴上,如图2所示,在机床工作台上固定支架4、相机3和光源2。通过移动刀具和调整相机3位置,保证相机3瞄准刀具1前端,刀具1进入相机3视场,且视场的水平方向与刀具1轴线相互垂直,记录当前机床坐标,记为 (X_n, Y_n, Z_n) ,规定该位置为测试指定位置。利用相机3对此时刀具1进行拍照,并将采集的图像信号传输至计算机5,利用OpenCV软件提取图像中刀具底刃边缘特征,识别刀具类型和刀心点;

[0031] (3) 数控机床主轴热伸长测试:将刀具1移动至测试指定位置,刀具1进入相机3视场,相机3拍照并将采集的图像传输至计算机5,该图像为初始状态的刀具1图像,记为图像0。移动刀具1,使其远离测试指定位置,启动数控机床并连续运行(主轴旋转,Z轴往复运动)一段时间。停机并将机床至位置 (X_n, Y_n, Z_n) ,刀具1进入相机3视场,相机3采集数字图像并传输至计算机5,记录此时的图像为图像1。机床在运行过程中,即轴承旋转、丝杠往复运动过程中,由于摩擦产生大量的热,导致主轴产生一定的热伸长,图像1即为运行一段时间后采集到的刀具1的第一幅图像,对比图像1和图像0,根据步骤2中识别出的刀具类型和刀心点,计算刀心点在Z方向上的偏移量,即获得主轴该段时间内产生的热伸长量。移动刀具1使其离开测试指定位置,连续运行机床,每隔一段时间,重复上述步骤,通过对比不同时刻采集到的图像i与初始图像0中刀尖点的偏移量,可实现不同时刻主轴热伸长的测量,如图4所示。若更换刀具,需记录当前刀具编号n,并重复步骤(2),重新确定刀具类型和刀心点,重复步骤(3),即可完成不同时刻的主轴热伸长测试。

[0032] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明,不能认定本发明的具体实施方式仅限于此,对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干简单的推演或替换,都应当视为属于本发明由所提交的权利要求书确定专利保护范围。

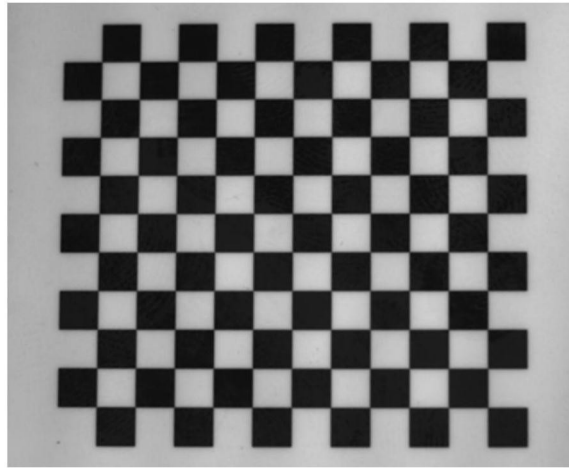


图1

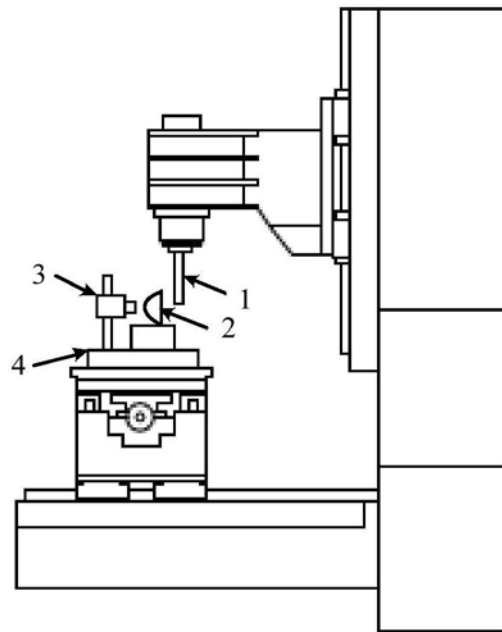


图2

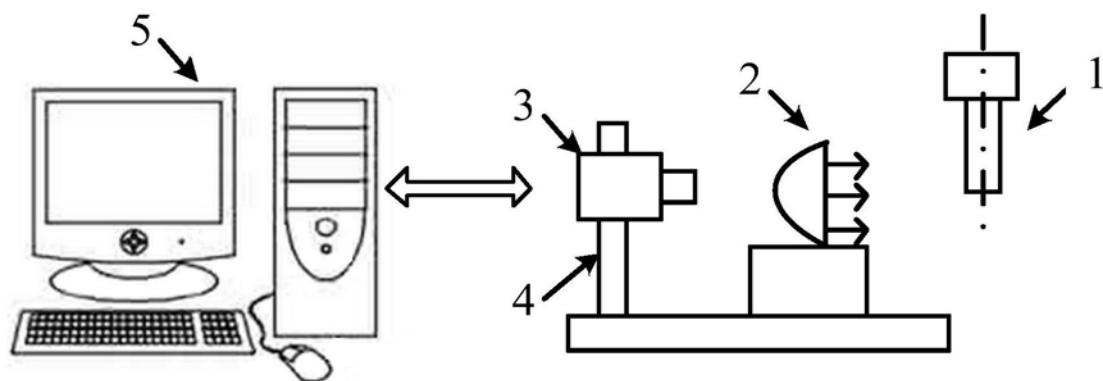


图3

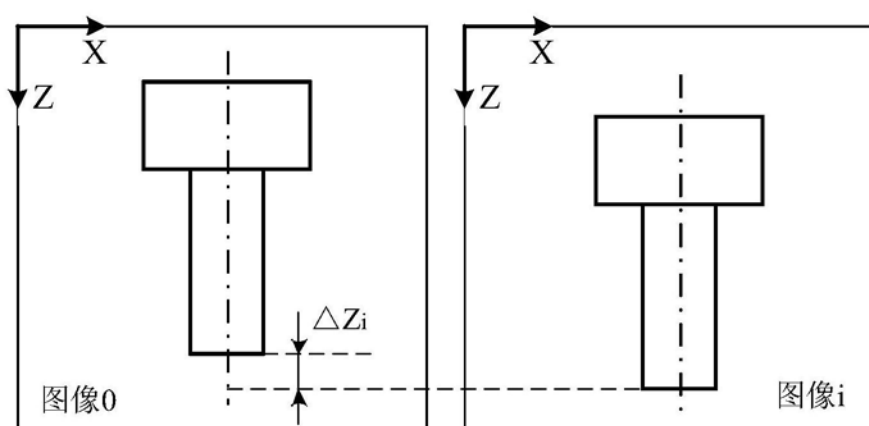


图4