



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117629604 A

(43) 申请公布日 2024. 03. 01

(21) 申请号 202311595535.3

(22) 申请日 2023.11.27

(71) 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

申请人 上海交大智邦科技有限公司

(72) 发明人 周明东 金一涵 李欣欣 魏创
唐钰哲

(74) 专利代理机构 上海旭诚知识产权代理有限公司 31220

专利代理师 郑立

(51) Int. Cl.

G01M 13/00 (2019.01)

G06F 17/14 (2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种高精密坐标镗床结构模态测试方法

(57) 摘要

本发明公开了一种高精密坐标镗床结构模态测试方法,包括:建立高精密坐标镗床主轴箱的模态测试系统;对所述主轴箱施加激励,采集激励数据;对所述激励数据进行分析,获取所述主轴箱的模态信息。本发明通过力锤法测量坐标镗床部件模态,通过测量力锤的力信号和加速度传感器的加速度信号,计算频响函数,获取部件固有频率,为部件设计提供依据,分析结果准确可靠。

步骤1、建立高精密坐标镗床主轴箱的模态测试系统;

步骤2、对所述主轴箱施加激励,采集激励数据;

步骤3、对所述激励数据进行分析,获取所述主轴箱的模态信息。

1. 一种高精密坐标镗床结构模态测试方法,其特征在于,包括以下步骤:
步骤1、建立高精密坐标镗床主轴箱的模态测试系统;
步骤2、对所述主轴箱施加激励,采集激励数据;
步骤3、对所述激励数据进行分析,获取所述主轴箱的模态信息。
2. 如权利要求1所述的高精密坐标镗床结构模态测试方法,其特征在于,所述步骤1包括:
步骤1.1、悬挂所述主轴箱,使其处于自由状态;
步骤1.2、确定激励方式;
步骤1.3、确定激励点和响应点。
3. 如权利要求2所述的高精密坐标镗床结构模态测试方法,其特征在于,所述步骤1.1中,在所述主轴箱的两侧打孔,加装吊环,再通过弹性绳将所述主轴箱悬挂在桁架上。
4. 如权利要求2所述的高精密坐标镗床结构模态测试方法,其特征在于,所述步骤1.2中,激励方式为力锤敲击法,采用单一激励点多个响应点进行测试。
5. 如权利要求4所述的高精密坐标镗床结构模态测试方法,其特征在于,所述力锤敲击法中,力锤的锤头材质为橡胶,力锤的尾部设置配重块。
6. 如权利要求4所述的高精密坐标镗床结构模态测试方法,其特征在于,所述步骤1.3中,所述激励点设于易敲击处;所述响应点在结合面处密集分布,在平坦面处均匀分布。
7. 根据权利要求4所述的高精密坐标镗床结构模态测试方法,其特征在于,所述步骤2中,力锤在激励点处连续敲击,任意两次敲击之间的时间间隔不小于8秒。
8. 根据权利要求7所述的高精密坐标镗床结构模态测试方法,其特征在于,采集的所述激励数据包括所述主轴箱的加速度传感器信号和所述力锤的力传感器信号。
9. 根据权利要求1所述的高精密坐标镗床结构模态测试方法,其特征在于,所述步骤3中,对所述激励数据进行峰值检索。
10. 根据权利要求9所述的高精密坐标镗床结构模态测试方法,其特征在于,所述步骤3中,数据分析过程包括:时域信号平均、互功率谱计算、自功率谱计算、频响函数计算、相干性计算、固有频率获取。

一种高精度坐标镗床结构模态测试方法

技术领域

[0001] 本发明涉及设备测试技术领域,尤其涉及一种高精度坐标镗床结构模态测试方法。

背景技术

[0002] 坐标镗床是一种高精度、高效率的金属加工设备,广泛应用于各种机械制造和加工行业。坐标镗床的主轴箱是其中的一个重要组成部分,它在整个镗床系统中起着关键作用,具体包括承载主轴、传动力传递、冷却和润滑、振动控制等。

[0003] 主轴箱作为坐标镗床的重要组成部分,其质量和性能直接影响整个设备的工作效果和加工质量。一个稳定、可靠的主轴箱能够保证主轴的精准定位和运动,提高加工的精度和表面质量;能够有效控制振动和噪音,提高设备的稳定性和可靠性;能够满足高速、高负荷的加工需求,提高设备的生产效率和经济效益。

[0004] 获取主轴箱的模态信息对于坐标镗床的设计、调试和运行都很重要,主轴箱的模态信息对于主轴箱的作用包括设备设计与优化、故障诊断与预防、加工质量控制、安全性评估等。现有模态测试方法中,力锤法较为典型,常用于获取机械结构的振动模态信息。然而,对于高精度坐标镗床的重要部件,尚缺乏针对性的模态测试方法;此外,现有的模态测试方法,过度依赖商用软件来实现模态识别。

[0005] 因此,本领域的技术人员致力于提供一种高精度坐标镗床结构模态测试方法,实现对高精度坐标镗床结构模态的测试。

发明内容

[0006] 有鉴于现有技术上的缺陷,本发明所要解决的技术问题是如何提供一种能够对高精度坐标镗床结构模态进行测试的方法。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供了一种高精度坐标镗床结构模态测试方法,包括:

[0008] 步骤1、建立高精度坐标镗床主轴箱的模态测试系统;

[0009] 步骤2、对所述主轴箱施加激励,采集激励数据;

[0010] 步骤3、对所述激励数据进行分析,获取所述主轴箱的模态信息。

[0011] 进一步地,所述步骤1包括:

[0012] 步骤1.1、悬挂所述主轴箱,使其处于自由状态;

[0013] 步骤1.2、确定激励方式;

[0014] 步骤1.3、确定激励点和响应点。

[0015] 优选地,所述步骤1.1中,在所述主轴箱的两侧打孔,加装吊环,再通过弹性绳将所述主轴箱悬挂在桁架上。

[0016] 优选地,所述步骤1.2中,激励方式为力锤敲击法,采用单一激励点多个响应点进行测试。

[0017] 优选地,所述力锤敲击法中,力锤的锤头材质为橡胶,力锤的尾部设置配重块。

[0018] 优选地,所述步骤1.3中,所述激励点设于易敲击处;所述响应点在结合面处密集分布,在平坦面处均匀分布。

[0019] 优选地,所述步骤2中,力锤在激励点处连续敲击,任意两次敲击之间的时间间隔不小于8秒。

[0020] 进一步地,采集的所述激励数据包括所述主轴箱的加速度传感器信号和所述力锤的力传感器信号。

[0021] 进一步地,所述步骤3中,对所述激励数据进行峰值检索。

[0022] 进一步地,所述步骤3中,数据分析过程包括:时域信号平均、互功率谱计算、自功率谱计算、频响函数计算、相干性计算、固有频率获取。

[0023] 本发明至少具有如下有益技术效果:

[0024] 1、本发明提供的高精密坐标镗床结构模态测试方法,通过力锤法测量坐标镗床部件模态,通过测量力锤的力信号和加速度传感器的加速度信号,计算频响函数,获取部件固有频率,能够用于识别坐标镗床部件的模态特征,为主轴加工提供依据,避免部件产生共振,有效提高坐标镗精度。

[0025] 2、本发明提供的高精密坐标镗床结构模态测试方法,通过短时傅里叶变换,计算输入力信号和加速度信号的互功率谱密度函数、力信号的自功率谱密度函数,由此得到频响函数,通过自主识别频响函数峰值获取各阶固有频率,模态识别全过程可控和可调节,分析结果准确可靠。

[0026] 以下将结合附图对本发明的构思、具体结构及产生的技术效果作进一步说明,以充分地了解本发明的目的、特征和效果。

附图说明

[0027] 图1是本发明实施例的高精密坐标镗床结构模态测试方法的流程图;

[0028] 图2是本发明实施例的高精密坐标镗床结构模态测试方法的测试装置示意图;

[0029] 图3是本发明实施例的高精密坐标镗床结构模态测试方法的力锤示意图;

[0030] 图4是本发明实施例的高精密坐标镗床结构模态测试方法的加速度传感器示意图。

[0031] 图中,1-力锤,2-加速度传感器,3-主轴箱,4-力锤负载,5-力锤锤身,6-力锤锤头,7-信号传输口,8-传感器本体。

具体实施方式

[0032] 以下介绍本发明的优选实施例,使其技术内容更加清楚和便于理解。本发明可以通过许多不同形式的实施例来得以体现,本发明的保护范围并非仅限于文中提到的实施例。

[0033] 在附图中,结构相同的部件以相同数字标号表示,各处结构或功能相似的组件以相似数字标号表示。附图所示的每一组件的尺寸和厚度是任意示出的,本发明并没有限定每个组件的尺寸和厚度。为了使图示更清晰,附图中有些地方适当夸大了部件的厚度。

[0034] 本发明提供了一种高精密坐标镗床结构模态测试方法,通过力锤法测量坐标镗床部件模态,通过测量力锤的力信号和加速度传感器的加速度信号,计算频响函数,获取部件

固有频率;通过短时傅里叶变换,计算输入力信号和加速度信号的互功率谱密度函数、力信号的自功率谱密度函数,由此得到频响函数,通过自主识别频响函数峰值获取各阶固有频率。

[0035] 如图2所示,本申请的高精密坐标镗床结构模态测试方法,首先建立高精密坐标镗床主轴箱的模态测试系统,在主轴箱3的两侧打孔加装吊环,通过弹性绳将主轴箱3悬挂于桁架上,模拟主轴箱3的自由状态。对于具有复杂结构的主轴箱3,激振器难于安装,需要额外设计工装夹具,同时会影响模态测量精度,因此选择力锤敲击法提供激励。本申请采用单一激励点多个响应点的测试方法,力锤1对主轴箱3施加激励,力锤1固定锤击一个激励点,加速度传感器2采集多个响应点的数据。

[0036] 如图3所示,力锤1包括力锤锤身5、力锤锤头6、力锤负载4三部分,为了避免损伤主轴箱3的加工表面,力锤锤头6的材质为软性材料,可以选择橡胶,也可以选择尼龙锤头等;主轴箱3的重量较大时,为了产生有效的激励,力锤负载4的后部可以加装配重块。力锤锤头6上设有力传感器,用于测量锤击力。

[0037] 力锤1的激励点选择易敲击处,如主轴箱3的上端面;激励点处平坦且附近无明显凸起,方便试验人员操作,并且能够垂直于激励点平面进行敲击。

[0038] 如图4所示,加速度传感器2具有传感器本体8和信号传输口7,传感器本体8固定在主轴箱3上,信号传输口7用于对外传输信号。在主轴箱3的平坦表面,加速度传感器2分布均匀;在影响精度的关键位置,如主轴结合面处,加速度传感器2密集布置。

[0039] 如图1所示,本申请的高精密坐标镗床结构模态测试方法如下。

[0040] 步骤1、建立高精密坐标镗床主轴箱的模态测试系统。具体地,模态测试系统的建立方法如下:

[0041] 步骤1.1、悬挂主轴箱,使其处于自由状态。本步骤中,在主轴箱的两侧打孔,加装吊环,再通过弹性绳将主轴箱悬挂在桁架上。

[0042] 步骤1.2、确定激励方式。本步骤中,激励方式为力锤敲击法,采用单一激励点多个响应点进行测试;使用的力锤,锤头材质为橡胶,力锤的尾部设置配重块。

[0043] 步骤1.3、确定激励点和响应点。本步骤中,激励点设于易敲击处;响应点在主轴箱的结合面处密集分布,在平坦面处均匀分布。

[0044] 建立的模态测试系统如图2、图3和图4所示。

[0045] 步骤2、对主轴箱施加激励,采集激励数据。

[0046] 本步骤中,力锤固定在一个点敲击,其中每两次敲击间的时间间隔不小于8秒。采样结束后,判断本次采样过程中是否包含3个以上没有明显二次敲击的敲击过程;如果未包含3个以上,则重新采集。

[0047] 数据采集采用基恩士数据采集仪NR-X100,以及配套的采集软件WAVE LOGGER X,显示并采集加速度传感器信号和力锤的力传感器信号。加速度传感器、力传感器分别与数据采集仪连接,正式采集前,确保加速度传感器和力传感器信号平稳且数值均在0附近。

[0048] 根据傅里叶变换的原理,进行时频转换后的信号,横坐标频率的最大值为采样频率的0.5倍。为保证能够采集到部件的多阶固有频率,采样频率应为预计获取的最高阶固有频率的2倍。本实施例中,采样频率为5000Hz,采样周期为60秒。

[0049] 步骤3、对所述激励数据进行分析,获取主轴箱的模态信息。

[0050] 本步骤中,首先进行数据的峰值检索,使用基恩士FileViewer X软件依次读取各测点数据,再使用基恩士WAVE LOGGER X利用垂直光标检索加速度信号和力信号的峰值点,确定峰值时刻。

[0051] 然后,基于python语言,编写数据处理代码,进行模态计算。主要过程如下:

[0052] 导入时域信号:基恩士WAVE LOGGER X采集软件可直接输出csv格式的数据文件,利用python中的pandas模块中的read_csv函数读取数据文件,并利用numpy模块中的array函数将数据文件转化为矩阵格式。

[0053] 时域信号平均:截取每次采样周期内峰值时刻前1s到后4s,将每个测点3次敲击的时域信号进行平均,减少人为敲击误差。

[0054] 互功率谱计算:利用signal模块中的csd函数计算力信号和加速度信号的互功率谱密度。

[0055] 自功率谱计算:利用signal模块中的welch函数计算加速度信号的互功率谱密度。

[0056] 频响函数计算:将互功率谱密度与力信号的自功率谱密度相除,利用abs函数计算频响函数实部,即幅值频响函数。

[0057] 相干性计算:利用signal模块中的coherence函数计算力信号和加速度信号的相干性。

[0058] 固有频率获取:利用signal模块中的argrelextrema函数计算幅值频响函数中的极大值,频响函数极值对应的横坐标即为固有频率,同时为了避免测试过程误差导致的极值,还要判断极大值频率对应的相干性是否过低,去除相干性过低的极大值频率后即可得到自由模态试验的固有频率。

[0059] 本申请的一个具体实施例中,将本申请获得的主轴箱多阶固有频率与东华测试软件获得的多阶固有频率、hypermesh软件仿真获得的多阶自由模态固有频率进行比较,得到如表1所示的数据。

[0060] 表1本申请获得的主轴箱固有频率与软件测试、仿真数据对比

阶数	固有频率/Hz		
	本申请	东华测试	hypermesh 仿真
1	806.69	808.32	815.25
2	1051.45	1029.77	1050.40
3	1156.34	1139.73	1160.87
4	1231.27	1225.63	1255.03

[0062] 从表中数据可以看出,本申请测得的数据与东华测试软件最大误差为2.11%,与仿真对比最大误差为1.93%,验证了本申请的测试方法的可靠性和可行性。

[0063] 以上详细描述了本发明的较佳具体实施例。应当理解,本领域的普通技术人员无需创造性劳动就可以根据本发明的构思作出诸多修改和变化。因此,凡本技术领域中技术人员依本发明的构思在现有技术的基础上通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案,皆应在由权利要求书所确定的保护范围内。

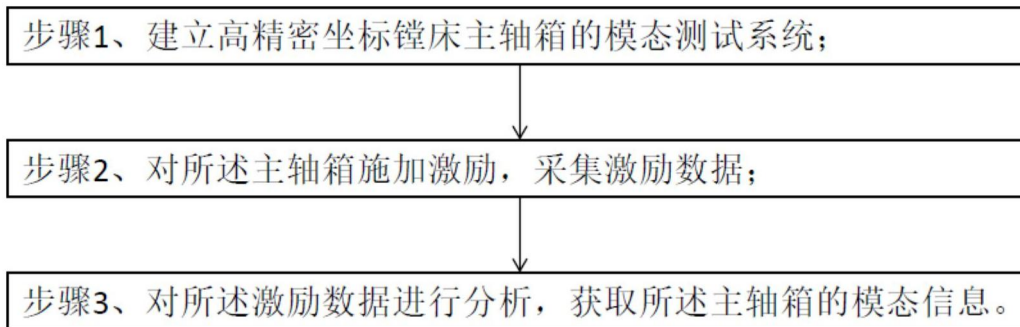


图1

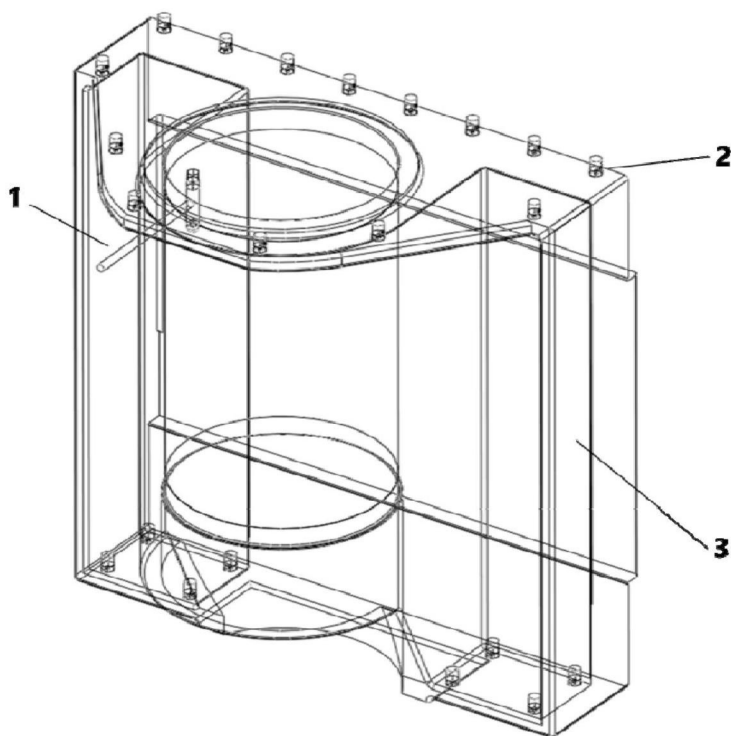


图2

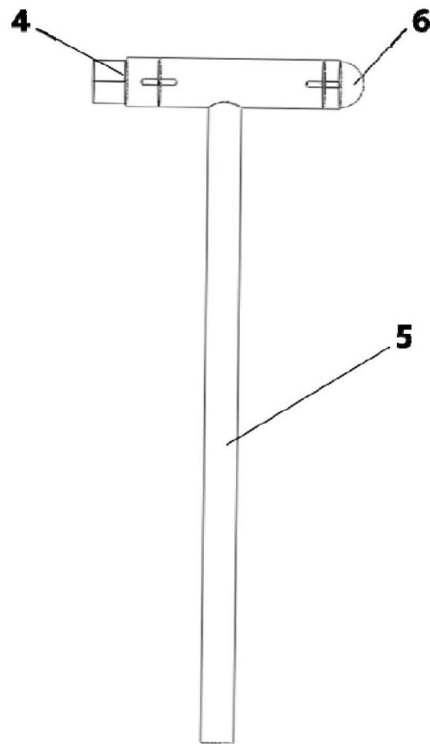


图3

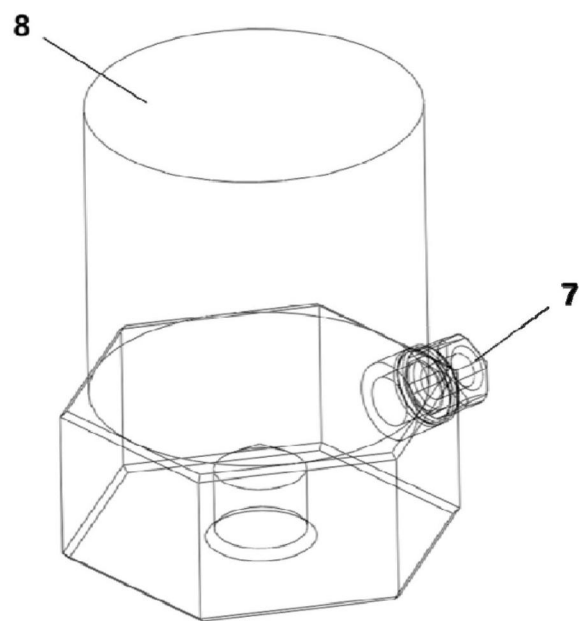


图4