



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108106804 A
(43)申请公布日 2018.06.01

(21)申请号 201711331854.8

(22)申请日 2017.12.13

(71)申请人 中国飞机强度研究所
地址 710065 陕西省西安市电子二路3号

(72)发明人 杭超 秦洁 燕群 黄文超

(74)专利代理机构 北京航信高科知识产权代理
事务所(普通合伙) 11526
代理人 刘丽萍

(51)Int.Cl.
G01M 7/02(2006.01)

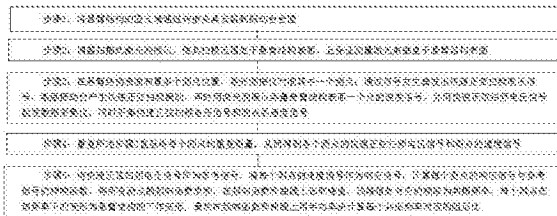
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种悬臂结构工作变形试验方法及系统

(57)摘要

本发明公开了一种悬臂结构工作变形试验方法及系统。所述悬臂结构工作变形试验方法包括如下步骤:步骤1:将悬臂结构安装到振动台台面;步骤2:保证测量激光束垂直于悬臂结构表面;步骤3:采集快速正弦扫频电压信号和测点的速度信号;步骤4:重复所述步骤3直至将每个测点均重复测量;步骤5:计算每个共振频率对应的阻尼比。本申请的测量部分为多测点逐个非接触测量,不给结构附加任何额外质量,而且每次测量都用振动台激振信号作为触发,可以保证每个测点的响应同步,基本实现了多测点非接触同步测量。



1. 一种悬臂结构工作变形试验方法,其特征在于,所述悬臂结构工作变形试验方法包括如下步骤:

步骤1:将悬臂结构的固支端通过转接夹具安装到振动台台面;

步骤2:调整扫描式激光测振仪,使其扫描范围处于悬臂结构表面,且保证测量激光束垂直于悬臂结构表面;

步骤3:在悬臂结构表面布置多个测点位置,激光测振仪对准其中一个测点;通过信号发生器发出快速正弦扫频电压信号,激励振动台产生快速正弦扫频振动,同时用激光测振仪测量悬臂结构表面一个点的速度信号,并用快速正弦扫频电压信号触发数据采集仪,同时采集快速正弦扫频电压信号和测点的速度信号;

步骤4:重复所述步骤3直至将每个测点均重复测量,从而得到各个测点的快速正弦扫频电压信号和测点的速度信号;

步骤5:将快速正弦扫频电压信号作为参考信号,将每个测点的速度信号作为响应信号,计算每个测点的响应信号与参考信号的频响函数,将所有测点的频响函数求和,在频响函数和曲线上选取峰值,该峰值处对应的频率为共振频率,每个测点在该频率下的变形为悬臂结构的工作变形,最后在频响函数和曲线上用半功率法计算每个共振频率对应的阻尼比。

2. 一种悬臂结构工作变形试验测试系统,其特征在于,所述悬臂结构工作变形试验测试系统包括电磁振动台组件、激光测振仪组件、工作变形分析系统(7)、信号发生器(8);其中,

所述电磁振动台组件(1)用于支撑悬臂结构(4);

所述激光测振仪组件在所述悬臂结构(4)的对面设置;

所述工作变形分析系统(7)与所述激光测振仪组件连接;

所述信号发生器与所述电磁振动台连接,且所述信号发生器与所述激光测振仪组件连接。

3. 如权利要求2所述的悬臂结构工作变形试验测试系统,其特征在于,所述电磁振动台组件包括电磁振动台(1)、水平滑台(2)、转接夹具(3);其中,

所述悬臂结构设置在所述转接夹具(3)上;

所述转接夹具(3)设置在所述水平滑台(2)上,且能够相对所述水平滑台(2)水平滑动;

所述水平滑台设置在所述电磁振动台(1)上。

4. 如权利要求2所述的悬臂结构工作变形试验测试系统,其特征在于,所述悬臂结构工作变形试验测试系统进一步包括功率放大器(9),所述功率放大器设置在所述信号发生器(8)与所述电磁振动台组件之间。

5. 如权利要求2所述的悬臂结构工作变形试验测试系统,其特征在于,所述激光测振仪组件包括激光测振仪(5)以及数据采集仪(6),所述数据采集仪(6)的信号输入端分别与所述激光测振仪(5)以及信号发生器(8)连接,所述数据采集仪(6)的信号输出端与所述工作变形分析系统连接。

一种悬臂结构工作变形试验方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及结构动力特性技术领域,特别是涉及一种悬臂结构工作变形试验方法及悬臂结构工作变形试验测试系统。

背景技术

[0002] 悬臂结构广泛应用于工程领域,例如发动机风扇叶片、压气机叶片和涡轮叶片等。悬臂结构的动力特性参数(如固有频率、振型和阻尼比)对其在振动环境中的动态响应及疲劳断裂性能有重要影响。工程中往往需要通过试验手段测试悬臂结构的动力特性参数,用以分析结构动态力学性能,修正结构的有限元模型,以及为后续改型设计提供依据。

[0003] 现有技术是通过传统试验模态分析方法测试悬臂结构动力特性参数。按照激励方式的不同可以分为两种方法:激振器激励法和力锤激励法。然而两种测试方法也都有其缺点:激振器激励法需要在结构上连接一个加力长杆,给结构附加了额外质量和刚度,尤其对于轻质的悬臂结构影响测试精度;锤击激励法的能量集中在很短时间内,可能引起过载和非线性问题,而且测试结果受敲击者人为因素影响。

[0004] 工作变形分析是结构试验模态分析的一个分支,它是研究结构动力特性的一种常用方法。通过测量结构上多个测点在工作状态下的响应,可以分析结构在关心的频率范围内的共振频率,以及每个共振频率对应的工作变形。在共振频率处,结构的工作变形由该阶频率主导,非常接近模态振型。通过工作变形分析得到的共振频率和工作变形可以被近似为结构的固有频率和振型。工作变形分析相比于传统试验模态分析具有测试分析简单、不需要激振设备的优势,避免了传统模态试验中激振器附加给结构的额外质量和刚度的影响,或力锤敲击的非线性和人为因素的影响。

[0005] 然而现有的工作变形分析方法是针对处于环境激励中的结构,由于环境激励无法测量,所以只能得到结构的共振频率和工作变形,并不能给出结构在每个共振频率处的阻尼比。而且现有的工作变形分析方法需要在测试过程中同步测量多个测点的响应数据,如果采用多个接触式传感器会给悬臂结构附加额外质量,影响测试精度;如果采用多个非接触式传感器,则多个传感器的空间布置可能会有干涉,且增加了试验的复杂程度。

[0006] 因此,希望有一种技术方案来克服或至少减轻现有技术的至少一个上述缺陷。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种悬臂结构工作变形试验方法来克服或至少减轻现有技术的至少一个上述缺陷。

[0008] 为实现上述目的,本发明提供一种悬臂结构工作变形试验方法,所述悬臂结构工作变形试验方法包括如下步骤:

[0009] 步骤1:将悬臂结构的固支端通过转接夹具安装到振动台台面;

[0010] 步骤2:调整扫描式激光测振仪,使其扫描范围处于悬臂结构表面,且保证测量激光束垂直于悬臂结构表面;

[0011] 步骤3:在悬臂结构表面布置多个测点位置,激光测振仪对准其中一个测点;通过信号发生器发出快速正弦扫频电压信号,激励振动台产生快速正弦扫频振动,同时用激光测振仪测量悬臂结构表面一个点的速度信号,并用快速正弦扫频电压信号触发数据采集仪,同时采集快速正弦扫频电压信号和测点的速度信号;

[0012] 步骤4:重复所述步骤3直至将每个测点均重复测量,从而得到各个测点的快速正弦扫频电压信号和测点的速度信号;

[0013] 步骤5:将快速正弦扫频电压信号作为参考信号,将每个测点的速度信号作为响应信号,计算每个测点的响应信号与参考信号的频响函数,将所有测点的频响函数求和,在频响函数和曲线上选取峰值,该峰值处对应的频率为共振频率,每个测点在该频率下的变形为悬臂结构的工作变形,最后在频响函数和曲线上用半功率法计算每个共振频率对应的阻尼比。

[0014] 本申请还提供了一种悬臂结构工作变形试验测试系统,所述悬臂结构工作变形试验测试系统包括电磁振动台组件、激光测振仪组件、工作变形分析系统、信号发生器;其中,所述电磁振动台组件用于支撑悬臂结构;所述激光测振仪组件在所述悬臂结构的对面设置;所述工作变形分析系统与所述激光测振仪组件连接;所述信号发生器与所述电磁振动台连接,且所述信号发生器与所述激光测振仪组件连接。

[0015] 优选地,所述电磁振动台组件包括电磁振动台、水平滑台、转接夹具;其中,所述悬臂结构设置在所述转接夹具上;所述转接夹具设置在所述水平滑台上,且能够相对所述水平滑台水平滑动;所述水平滑台设置在所述电磁振动台上。

[0016] 优选地,所述悬臂结构工作变形试验测试系统进一步包括功率放大器,所述功率放大器设置在所述信号发生器与所述电磁振动台组件之间。

[0017] 优选地,所述激光测振仪组件包括激光测振仪以及数据采集仪,所述数据采集仪的信号输入端分别与所述激光测振仪以及信号发生器连接,所述数据采集仪的信号输出端与所述工作变形分析系统连接。

[0018] 本申请的悬臂结构工作变形试验方法与现有模态试验中的激振器激励法相比,避免了激振杆附加给结构的额外质量和刚度,测试中没有系统误差。

[0019] 本申请与现有模态试验中的力锤激励法相比,避免了敲击时产生的过载和非线性问题,而且该系统的测试过程完全自动,不需要人为干预,操作简便,结果重复性好。

[0020] 本申请与现有的工作变形分析相比,根据悬臂结构边界条件特点,通过振动台模拟环境激励,引入振动台激振电压信号作为参考信号,能够分析结构的共振频率、工作变形和阻尼比,克服了现有的工作变形分析方法无法测量阻尼的缺陷。

[0021] 本申请的测量部分为多测点逐个非接触测量,不给结构附加任何额外质量,而且每次测量都用振动台激振信号作为触发,可以保证每个测点的响应同步,基本实现了多测点非接触同步测量。

附图说明

[0022] 图1是本申请第一实施例的悬臂结构工作变形试验方法的流程示意图。

[0023] 图2是本申请第一实施例的悬臂结构工作变形试验测试系统的系统示意图。

[0024] 附图标记:

[0025]

1	电磁振动台	6	数据采集仪
2	水平滑台	7	工作变形分析系统
3	转接夹具	8	信号发生器
4	悬臂结构	9	功率放大器
5	激光测振仪		

具体实施方式

[0026] 为使本发明实施的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行更加详细的描述。在附图中,自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。下面结合附图对本发明的实施例进行详细说明。

[0027] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明保护范围的限制。

[0028] 图1是本申请第一实施例的悬臂结构工作变形试验方法的流程示意图。图2是本申请第一实施例的悬臂结构工作变形试验测试系统的系统示意图。

[0029] 如图1所示的悬臂结构工作变形试验方法包括如下步骤:

[0030] 步骤1:将悬臂结构的固支端通过转接夹具安装到振动台台面;

[0031] 步骤2:调整扫描式激光测振仪,使其扫描范围处于悬臂结构表面,且保证测量激光束垂直于悬臂结构表面;

[0032] 步骤3:在悬臂结构表面布置多个测点位置,激光测振仪对准其中一个测点;通过信号发生器发出快速正弦扫频电压信号(也称为Chrip电压信号),激励振动台产生快速正弦扫频振动,同时用激光测振仪测量悬臂结构表面一个点的速度信号,并用快速正弦扫频电压信号触发数据采集仪,同时采集快速正弦扫频电压信号和测点的速度信号;

[0033] 步骤4:重复所述步骤3直至将每个测点均重复测量,从而得到各个测点的快速正弦扫频电压信号和测点的速度信号;

[0034] 步骤5:将快速正弦扫频电压信号作为参考信号,将每个测点的速度信号作为响应信号,计算每个测点的响应信号与参考信号的频响函数,将所有测点的频响函数求和,在频响函数和曲线上选取峰值,该峰值处对应的频率为共振频率,每个测点在该频率下的变形为悬臂结构的工作变形,最后在频响函数和曲线上用半功率法计算每个共振频率对应的阻尼比。

[0035] 本申请的悬臂结构工作变形试验方法与现有模态试验中的激振器激励法相比,避免了激振杆附加给结构的额外质量和刚度,测试中没有系统误差。

[0036] 本申请与现有模态试验中的力锤激励法相比,避免了敲击时产生的过载和非线性问题,而且该系统的测试过程完全自动,不需要人为干预,操作简便,结果重复性好。

[0037] 本申请与现有的工作变形分析相比,根据悬臂结构边界条件特点,通过振动台模拟环境激励,引入振动台激振电压信号作为参考信号,能够分析结构的共振频率、工作变形和阻尼比,克服了现有的工作变形分析方法无法测量阻尼的缺陷。

[0038] 本申请的测量部分为多测点逐个非接触测量,不给结构附加任何额外质量,而且每次测量都用振动台激振信号作为触发,可以保证每个测点的响应同步,基本实现了多测点非接触同步测量。

[0039] 参见图2,本申请还提供了一种悬臂结构工作变形试验测试系统,该悬臂结构工作变形试验测试系统包括电磁振动台组件、激光测振仪组件、工作变形分析系统7、信号发生器8;其中,电磁振动台组件1用于支撑悬臂结构4;激光测振仪组件在所述悬臂结构4的对面设置;工作变形分析系统7与激光测振仪组件连接;信号发生器与电磁振动台连接,且信号发生器与所述激光测振仪组件连接。

[0040] 参见图2,所述电磁振动台组件包括电磁振动台1、水平滑台2、转接夹具3;其中,悬臂结构设置在所述转接夹具3上;转接夹具3设置在水平滑台2上,且能够相对水平滑台2水平滑动;水平滑台设置在电磁振动台1上。

[0041] 参见图2,在本实施例中,悬臂结构工作变形试验测试系统进一步包括功率放大器9,功率放大器设置在信号发生器8与电磁振动台组件之间。

[0042] 参见图2,在本实施例中,激光测振仪组件包括激光测振仪5以及数据采集仪6,数据采集仪6的信号输入端分别与激光测振仪5以及信号发生器8连接,数据采集仪6的信号输出端与工作变形分析系统连接。

[0043] 最后需要指出的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制。尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

步骤1: 将测频信号的面光源通过透镜及其成像透镜组合在面
步骤2: 测频扫描式激光测距仪, 使其扫描范围处于被测物体表面, 且保证测频激光束垂直于被测信号表面
步骤3: 在被测信号表面布置多个测点位置, 测光测距仪对准其中一个测点, 通过信号发生器发出频率可调扫描电压信号, 测频探头会产生共振扫描电压信号, 同时用测光测距仪测频每测点表面一个点的测频信号, 并用共振扫描电压信号驱动数据采集仪, 测频采集仪输出扫描电压信号和测频信号
步骤4: 测频采集仪输出扫描电压信号和测频信号, 从而得到每个测点的共振扫描电压信号和测频信号
步骤5: 将共振扫描电压信号作为参考信号, 将每个测点的测频信号作为测点信号, 计算每个测点的测点信号与参考信号的频函数, 将测点信号的频函数作为, 在测频函数曲面上提取峰值, 该峰值对应的频率为共振频率, 每个测点在该频率下的波形为测频信号的工作波形, 测频函数曲面上用半功率法计算每个共振频率对应的阻抗比

图1

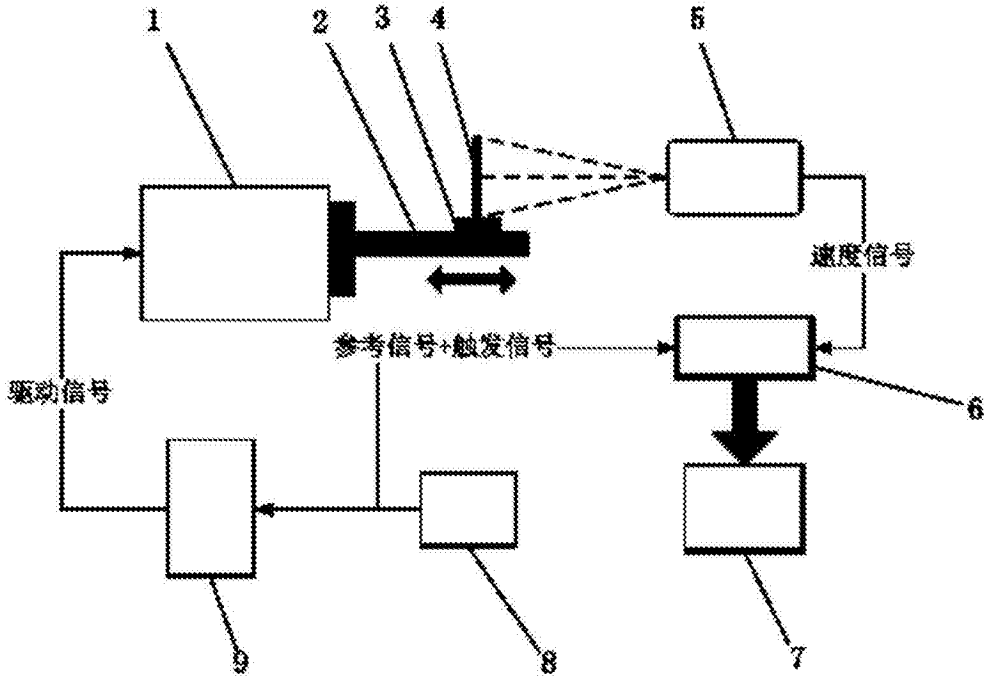


图2