



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110532679 B

(45) 授权公告日 2021.10.19

(21) 申请号 201910800465.8

G06F 113/14 (2020.01)

(22) 申请日 2019.08.28

G06F 119/14 (2020.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110532679 A

(56) 对比文件

CN 103631996 A, 2014.03.12

CN 107139873 A, 2017.09.08

(43) 申请公布日 2019.12.03

CN 103631996 A, 2014.03.12

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所

CN 202402542 U, 2012.08.29

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

CN 102015076 A, 2011.04.13

CN 101367323 A, 2009.02.18

(72) 发明人 彭青 罗耕星 张坤 肖京华

X.M. Xiang 等.Finite element analysis

and experimental study on a bellows

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11390

joint.《Engineering Structures》.2017,第  
584-598页.

代理人 胡剑辉

审查员 王轩

(51) Int.Cl.

G06F 30/23 (2020.01)

G06F 30/17 (2020.01)

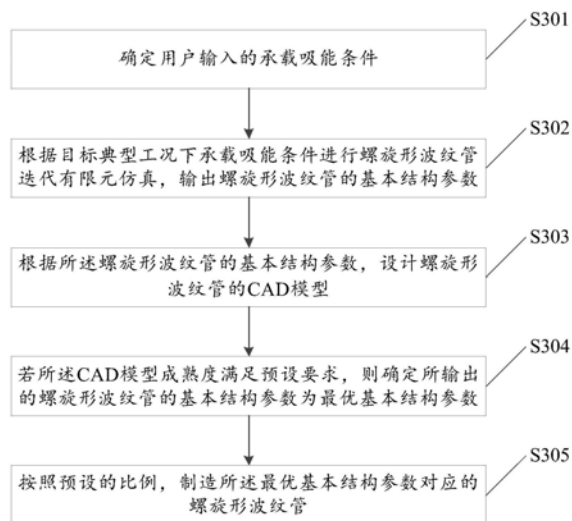
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种用于冲击吸能的螺旋形波纹管及其自  
动化设计方法

(57) 摘要

本发明实施例涉及一种用于冲击吸能的螺旋形波纹管及其自动化设计方法,所述方法包括:确定用户输入的承载吸能条件;根据目标典型工况下的所述承载吸能条件进行螺旋形波纹管迭代有限元仿真,输出螺旋形波纹管的较优基本结构参数;并将所述螺旋形波纹管的基本结构参数作为人工智能设计器的监督学习训练数据;根据所述螺旋形波纹管的基本结构参数,设计螺旋形波纹管的CAD模型;若所述CAD模型成熟度满足预设要求,则确定所输出的螺旋形波纹管的基本结构参数为最优基本结构参数;按照预设的比例,设计所述最优基本结构参数对应的螺旋形波纹管。



1. 一种用于冲击吸能的螺旋形波纹管的自动化设计方法,其特征在于,所述方法包括:  
确定用户输入的承载吸能条件;

根据目标典型工况下的所述承载吸能条件进行螺旋形波纹管迭代有限元仿真,输出螺旋形波纹管的结构参数;

并将所述螺旋形波纹管的结构参数作为人工智能设计器的监督学习训练数据,利用预设的人工智能设计器优化螺旋形波纹管的结构参数,输出螺旋形波纹管的较优结构参数;

根据所述螺旋形波纹管的较优结构参数,设计螺旋形波纹管的CAD模型;

若所述CAD模型成熟度满足预设要求,则确定所输出的螺旋形波纹管的结构参数为最优结构参数,包括:

根据所述CAD模型成熟度,判断是否设计具有缩比结构特征的缩比实验模型;

若所述CAD模型成熟度满足预设要求,则确定所输出的螺旋形波纹管的结构参数为最优结构参数;

按照预设的比例,设计所述最优结构参数对应的螺旋形波纹管;

所述螺旋形波纹管的结构参数包括:波纹管长度,平均直径,厚度,波幅和波长。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

若所述CAD模型成熟度未满足预设要求,则设计所述CAD模型对应的缩比实验模型,进行多次多工况的冲击实验,其中,每次冲击实验对应一组结构参数;

统计每次实验的评价指标以及每次冲击实验对应的结构参数;

经过实验迭代设计,根据所述评价指标输出最优结构参数;

按照预设的比例,设计最优结构参数对应的螺旋形波纹管。

## 一种用于冲击吸能的螺旋形波纹管及其自动化设计方法

### 技术领域

[0001] 本发明实施例涉及材料学技术领域,尤其涉及一种用于冲击吸能的螺旋形波纹管及其自动化设计方法。

### 背景技术

[0002] 波纹管,是指用可折叠皱纹片沿折叠伸缩方向连接成的管状弹塑性敏感结构件。波纹管在仪器仪表中应用广泛,主要用途是作为压力测量仪表的测量元件,将压力转换成位移或力。波纹管管壁较薄,灵敏度较高,测量范围为数十帕至数十兆帕。它的开口端固定,密封端处于自由状态,并利用辅助的螺旋弹簧或簧片增加弹性。工作时在内部压力的作用下沿管子长度方向伸长,使活动端产生与压力成一定关系的位移。活动端带动指针即可直接指示压力的大小。波纹管常常与位移传感器组合起来构成输出为电量的压力传感器,有时也用作隔离元件。

[0003] 相关技术中,具有类似结构的是正弦型轴对称管。其在承受轴向冲击载荷时,能量吸收效果较好,但是正弦型波纹管加工成本较高。

### 发明内容

[0004] 鉴于此,为解决现有技术中的技术问题,本发明实施例提供了一种用于冲击吸能的螺旋形波纹管及其自动化设计方法。

[0005] 第一方面,本发明实施例提供了一种用于冲击吸能的螺旋形波纹管,所述螺旋形波纹管为螺旋形,基本结构参数如下:波纹管长度,平均直径,厚度,波幅,波长。

[0006] 第二方面,本发明实施例提供了一种用于冲击吸能的螺旋形波纹管的自动化设计方法,所述方法包括:

[0007] 确定用户输入的承载吸能条件,例如针对汽车撞击(公路护边等)、舰船撞击(船体结构)、着陆冲击载荷(航空器着陆缓冲器)等;

[0008] 设计器包括两个部分:人工智能设计器和专用有限元仿真器。首先根据目标典型工况下的所述承载吸能条件进行螺旋形波纹管迭代有限元仿真,输出螺旋形波纹管的较优基本结构参数;并将这一设计结果作为人工智能设计器的监督学习训练数据。

[0009] 根据所述螺旋形波纹管的基本结构参数,设计螺旋形波纹管的CAD模型;

[0010] 若所述CAD模型成熟度满足预设要求,即其满足所有工作情况,如一定范围内不同程度的冲击载荷作用,瞬时过载,具有小角度偏离的非轴向冲击等等,则确定所输出的螺旋形波纹管的基本结构参数为最优基本结构参数;

[0011] 按照预设的比例,设计所述最优基本结构参数对应的螺旋形波纹管。

[0012] 在一个可能的实施方式中,所述根据目标典型工况下的所述承载吸能条件进行螺旋形波纹管迭代有限元仿真,以输出螺旋形波纹管的较优基本结构参数,包括:

[0013] 根据所述承载吸能条件进行螺旋形波纹管有限元仿真,并利用预设的人工智能优化模型优化螺旋形波纹管的基本结构参数,输出螺旋形波纹管的较优基本结构参数。

[0014] 在一个可能的实施方式中,所述螺旋形波纹管的基本结构参数包括:波纹管长度,平均直径,厚度,波幅和波长。

[0015] 在一个可能的实施方式中,所述若所述CAD模型成熟度满足预设要求,则确定所输出的螺旋形波纹管的基本结构参数为最优基本结构参数,包括:

[0016] 根据所述CAD模型成熟度,判断是否设计具有缩比结构特征的缩比实验模型;

[0017] 若所述CAD模型成熟度满足预设要求,则确定所输出的螺旋形波纹管的基本结构参数为最优基本结构参数。

[0018] 在一个可能的实施方式中,所述方法还包括:

[0019] 若所述CAD模型成熟度未满足预设要求,则设计所述CAD模型对应的缩比实验模型,进行多次多工况的冲击实验,其中,每次冲击实验对应一组基本结构参数;

[0020] 统计每次实验的评价指标以及每次冲击实验对应的基本结构参数;

[0021] 经过实验迭代设计,根据所述评级指标输出最优基本结构参数;

[0022] 按照预设的比例,设计最优基本结构参数对应的螺旋形波纹管。

[0023] 本发明实施例提供的用于冲击吸能的螺旋形波纹管的自动化设计方法,通过确定用户输入的承载吸能条件,根据所述承载吸能条件进行螺旋形波纹管有限元仿真,输出螺旋形波纹管的基本结构参数,根据所述螺旋形波纹管的基本结构参数,设计螺旋形波纹管的CAD模型,若所述CAD模型成熟度满足预设要求,则确定所输出的螺旋形波纹管的基本结构参数为最优基本结构参数,按照预设的比例,设计所述最优基本结构参数对应的螺旋形波纹管,如此可以有效降低加工成本,且所设计的螺旋形波纹管能量吸收效果较好。

[0024] 最后设计实际缓冲结构。依据市场反应和实际使用情况增加或减少该工况下的产品成熟度,并将数据传递至计算机模拟系统知识库。

## 附图说明

[0025] 为了更清楚地说明本说明书实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本说明书实施例中记载的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0026] 图1为本发明实施例的一种用于冲击吸能的螺旋形波纹管的结构示意图;

[0027] 图2为本发明实施例的一种自动化设计螺旋形波纹管所需部件组成的结构示意图;

[0028] 图3为本发明实施例的一种用于冲击吸能的螺旋形波纹管的自动化设计方法的实施流程示意图。

## 具体实施方式

[0029] 为使本发明实施例的目的、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清楚、完整地描述,显然,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。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做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。

[0030] 为便于对本发明实施例的理解,下面将结合附图以具体实施例做进一步的解释说

明,实施例并不构成对本发明实施例的限定。

[0031] 如图1所示,为本发明实施例提供的一种用于冲击吸能的螺旋形波纹管的结构示意图,其形状为螺旋形,其材料可以是当前任意材料,例如金属材料、塑料材料等,本发明实施例对此不作限定。

[0032] 对于如图1所示的螺旋形波纹管,其主要基本结构参数如下:波纹管长度,平均直径,厚度,波幅,波长,该螺旋形波纹管可以应用于吸收轴向冲击载荷。

[0033] 另外,对于如图1所示的螺旋形波纹管,本发明实施例还提供了一种用于冲击吸能的螺旋形波纹管的自动化设计方法,自动化设计该螺旋形波纹管所需部件如图2所示。

[0034] 其中,计算机模拟系统和知识库,其接受设计需求条件,并结构试验系统和工厂应用评价系统反馈的评价指数修正模型,依据条件、需求和不断迭代的模型,输出设计参数。计算机模拟系统包括了有限元模拟系统和人工智能优化系统。

[0035] 计算机设计系统依据设计参数设计吸能结构的CAD模型和设计工艺参数。

[0036] 设计流水线结构CAD模型和工艺参数生产具有缩比结构的实验产品和实际1:1的工程产品。

[0037] 实验系统针对实验产品进行冲击吸能测试,依据测试结果给出评价指标并返回至计算机模拟系统和知识库。

[0038] 工程应用评价系统针对实际产品的工程应用向计算机模拟系统和知识库返回评价指标。

[0039] 如图3所示,为本发明实施例提供的一种用于冲击吸能的螺旋形波纹管的自动化设计方法的实施流程示意图,该方法具体可以包括以下步骤:

[0040] S301,确定用户输入的承载吸能条件;

[0041] 在本发明实施例中,用户可以根据自己需求提出承载吸能条件,例如,针对汽车撞击(公路护边等)、舰船撞击(船体结构)、着陆冲击载荷(航空器着陆缓冲器)等,并输入承载吸能条件,如需要承受800J、冲击速度10m/s的吸能需求,如此可以确定用户输入的承载吸能条件。

[0042] S302,根据所述承载吸能条件进行螺旋形波纹管有限元仿真,输出螺旋形波纹管的基本结构参数;

[0043] 如图2中所示的计算机模型系统,设计器包括两个部分:人工智能设计器和专用有限元仿真器。首先根据目标典型工况下的承载吸能条件进行必要的螺旋形波纹管迭代有限元仿真,输出螺旋形波纹管的较优基本结构参数,并利用如图2中所示的人工智能优化模型优化螺旋形波纹管的基本结构参数。其中,可以将这一设计结果作为人工智能设计器的监督学习训练数据。如此如图2中所示的计算机模型系统和知识库可以输出螺旋形波纹管的基本结构参数。其中,螺旋形波纹管的基本结构参数包括:波纹管长度,平均直径,厚度,波幅和波长。

[0044] S303,根据所述螺旋形波纹管的基本结构参数,设计螺旋形波纹管的CAD模型;

[0045] 如图2中所示的计算机模型系统,根据螺旋形波纹管的基本结构参数,设计螺旋形波纹管的CAD模型。

[0046] S304,若所述CAD模型成熟度满足预设要求,则确定所输出的螺旋形波纹管的基本结构参数为最优基本结构参数;

[0047] S305,按照预设的比例,设计所述最优基本结构参数对应的螺旋形波纹管。

[0048] 如图2中所示的设计流水线,根据所述CAD模型成熟度,判断是否设计具有缩比结构特征的缩比实验模型;

[0049] 若所述CAD模型成熟度满足预设要求,即其满足所有工作情况,如一定范围内不同程度的冲击载荷作用,瞬时过载,具有小角度偏离的非轴向冲击等等,无需设计具有缩比结构特征的缩比实验模型,则确定所输出的螺旋形波纹管的基本结构参数为最优基本结构参数,即表示设计成熟度较高,无需进行实验,设计系统给出的设计参数极为最优结构参数,可直接用于工程应用;

[0050] 按照预设的比例,设计所述最优基本结构参数对应的螺旋形波纹管。例如,按照1:1的比例,设计所述最优基本结构参数对应的螺旋形波纹管。

[0051] 另外,对于上述CAD模型,若所述CAD模型成熟度未满足预设要求,即其未满足所有工作情况,如一定范围内不同程度的冲击载荷作用,瞬时过载,具有小角度偏离的非轴向冲击等等,即表示需要进行实验,由此如图2中所示的设计流水线可以设计所述CAD模型对应的缩比实验模型,进行多次多工况的冲击实验,其中,每次冲击实验对应一组基本结构参数;

[0052] 统计每次实验的评价指标以及每次冲击实验对应的基本结构参数;

[0053] 同时,如图2中所示的实验系统向知识库返回每次实验的评价指标,优化知识库和算法;

[0054] 经过实验迭代设计,根据所述评级指标输出最优基本结构参数;

[0055] 按照预设的比例,设计最优基本结构参数对应的螺旋形波纹管。例如按照1:1的比例,设计最优基本结构参数对应的螺旋形波纹管。

[0056] 按照上述本发明实施例提供的技术方案加工设计,应用于市场,市场给出实际使用情况的定量化反馈,依据此反馈修改知识库中的特定载荷范围特定结构产品的成熟度。

[0057] 本发明实施例提供的用于冲击吸能的螺旋形波纹管的自动化设计方法,通过确定用户输入的承载吸能条件,根据所述承载吸能条件进行螺旋形波纹管有限元仿真,输出螺旋形波纹管的基本结构参数,根据所述螺旋形波纹管的基本结构参数,设计螺旋形波纹管的CAD模型,若所述CAD模型成熟度满足预设要求,则确定所输出的螺旋形波纹管的基本结构参数为最优基本结构参数,按照预设的比例,设计所述最优基本结构参数对应的螺旋形波纹管,如此可以有效降低加工成本,且所设计的螺旋形波纹管能量吸收效果较好。

[0058] 专业人员应该还可以进一步意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、计算机软件或者二者的结合来实现,为了清楚地说明硬件和软件的可互换性,在上述说明中已经按照功能一般性地描述了各示例的组成及步骤。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0059] 结合本文中所公开的实施例描述的方法或算法的步骤可以用硬件、处理器执行的软件模块,或者二者的结合来实施。软件模块可以置于随机存储器(RAM)、内存、只读存储器(ROM)、电可编程ROM、电可擦除可编程ROM、寄存器、硬盘、可移动磁盘、CD-ROM、或技术领域内所公知的任意其它形式的存储介质中。

[0060] 以上所述的具体实施方式,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施方式而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。



图1

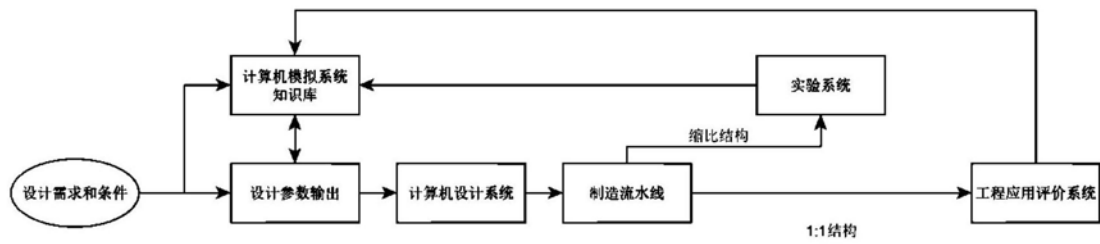


图2



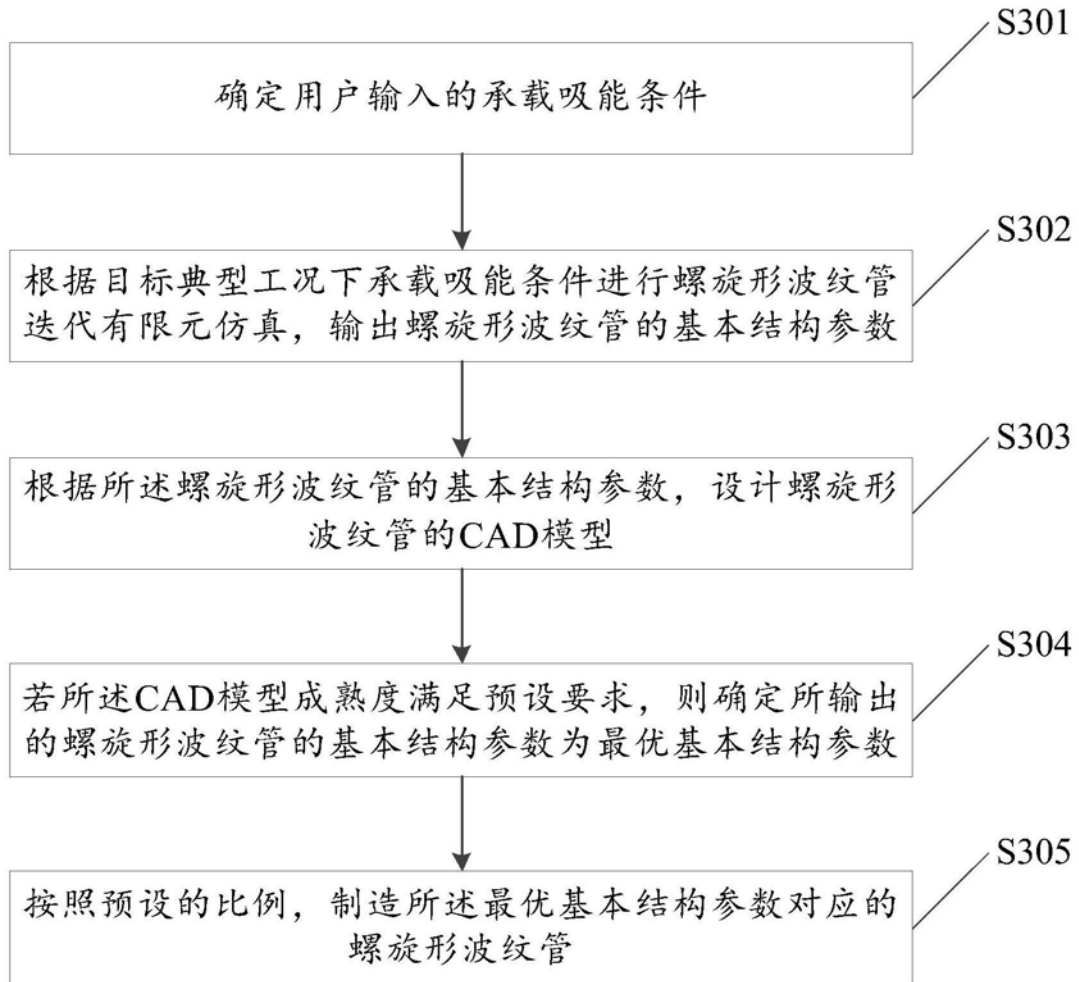


图3