



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116090098 A

(43) 申请公布日 2023. 05. 09

(21) 申请号 202211718929.9

(22) 申请日 2022.12.29

(71) 申请人 中国船舶重工集团公司第七一九研究所

地址 430205 湖北省武汉市江夏区藏龙岛
开发区杨桥湖大道19号中船重工七一九所

(72) 发明人 曹光明 柯志武 赵振兴 代路
柯汉兵 何涛 李少丹 马灿
吴牧云 戴春辉 郑召利 宋莘
徐广展 杨小虎 吕伟剑 柳勇
李勇 李邦明 廖梦然

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

专利代理师 于平

(51) Int. Cl.

G06F 30/15 (2020.01)

G06F 30/17 (2020.01)

G06F 30/23 (2020.01)

G06F 119/14 (2020.01)

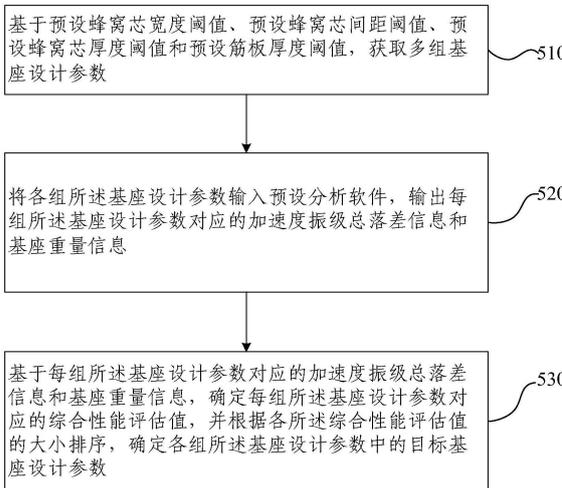
权利要求书2页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

蜂窝夹层隔振基座设计方法及装置

(57) 摘要

本发明提供一种蜂窝夹层隔振基座设计方法及装置,涉及基座设计领域,包括基于预设蜂窝芯宽度阈值、预设蜂窝芯间距阈值、预设蜂窝芯厚度阈值和预设筋板厚度阈值,获取多组基座设计参数,每组基座设计参数包括一个蜂窝芯宽度信息、一个蜂窝芯间距信息、一个蜂窝芯厚度信息和一个筋板厚度信息;将各组基座设计参数输入预设分析软件,输出每组基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息;基于每组基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,确定每组基座设计参数对应的综合性能评估值,并根据各综合性能评估值的大小排序,确定各组基座设计参数中的目标基座设计参数。



1. 一种蜂窝夹层隔振基座设计方法,其特征在于,所述蜂窝夹层隔振基座包括:蜂窝芯、上筋板和下筋板,所述蜂窝芯设置于所述上筋板和所述下筋板之间,所述方法包括:

基于预设蜂窝芯宽度阈值、预设蜂窝芯间距阈值、预设蜂窝芯厚度阈值和预设筋板厚度阈值,获取多组基座设计参数,每组所述基座设计参数包括一个蜂窝芯宽度信息、一个蜂窝芯间距信息、一个蜂窝芯厚度信息和一个筋板厚度信息;

将各组所述基座设计参数输入预设分析软件,输出每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息;

基于每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,确定每组所述基座设计参数对应的综合性能评估值,并根据各所述综合性能评估值的大小排序,确定各组所述基座设计参数中的目标基座设计参数。

2. 根据权利要求1所述的蜂窝夹层隔振基座设计方法,其特征在于,基于预设蜂窝芯宽度阈值、预设蜂窝芯间距阈值、预设蜂窝芯厚度阈值和预设筋板厚度阈值,获取多组基座设计参数,包括:

将所述预设蜂窝芯宽度阈值、预设蜂窝芯间距阈值、预设蜂窝芯厚度阈值和预设筋板厚度阈值,步进式均分为N段,得到N+1个预设蜂窝芯宽度值,N+1个预设蜂窝芯间距值,N+1个预设蜂窝芯厚度值和N+1个预设筋板厚度值;

基于所述N+1个预设蜂窝芯宽度值,N+1个预设蜂窝芯间距值,N+1个预设蜂窝芯厚度值和N+1个预设筋板厚度值的任意组合,得到 $(N+1)^4$ 组基座设计参数。

3. 根据权利要求1所述的蜂窝夹层隔振基座设计方法,其特征在于,将各组所述基座设计参数输入预设分析软件,输出每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,包括:

各组所述基座设计参数输入COMSOL软件,自动计算所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息;

将所述加速度振级总落差信息和基座重量信息传输到MATLAB软件进行存储。

4. 根据权利要求1所述的蜂窝夹层隔振基座设计方法,其特征在于,基于每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,确定每组所述基座设计参数对应的综合性能评估值,包括:

分别对每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息进行归一化处理,得到归一化后的加速度振级总落差信息和归一化后的基座重量信息;

根据归一化后的基座重量信息与第一预设系数的乘积,和归一化后的加速度振级总落差信息与第二预设系数的乘积,得到所述综合性能评估值;

其中,所述第一预设系数与所述蜂窝夹层隔振基座的轻量化水平相关联,所述第二预设系数与所述蜂窝夹层隔振基座的隔振能力相关联。

5. 根据权利要求4所述的蜂窝夹层隔振基座设计方法,其特征在于,归一化后的加速度振级总落差信息,具体为:

$$\frac{\Delta B(m)}{\Delta B'(m)} = \frac{\Delta B'(m) - \min(\Delta B')}{\max(\Delta B') - \min(\Delta B')}$$

其中, $m=1,2,\dots,(N+1)^4$, $\min(\Delta B')$ 与 $\max(\Delta B')$ 分别为 $(N+1)^4$ 个加速度振级总落差信

息 $\Delta B'$ 的最小值与最大值。

6. 根据权利要求4所述的蜂窝夹层隔振基座设计方法, 其特征在于, 归一化后的基座重量信息, 具体为:

$$\overline{G(m)} = \frac{\max(G) - G(m)}{\max(G) - \min(G)}$$

其中, $m=1, 2, \dots, (N+1)^4$, $\min(G)$ 与 $\max(G)$ 分别为 $(N+1)^4$ 个基座重量信息 G 的最小值与最大值。

7. 一种蜂窝夹层隔振基座设计装置, 其特征在于, 所述蜂窝夹层隔振基座包括: 蜂窝芯、上筋板和下筋板, 所述蜂窝芯设置于所述上筋板和所述下筋板之间, 所述装置包括:

获取模块, 基于预设蜂窝芯宽度阈值、预设蜂窝芯间距阈值、预设蜂窝芯厚度阈值和预设筋板厚度阈值, 获取多组基座设计参数, 每组所述基座设计参数包括一个蜂窝芯宽度信息、一个蜂窝芯间距信息、一个蜂窝芯厚度信息和一个筋板厚度信息;

输出模块, 将各组所述基座设计参数输入预设分析软件, 输出每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息;

确定模块, 基于每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息, 确定每组所述基座设计参数对应的综合性能评估值, 并根据各所述综合性能评估值的大小排序, 确定各组所述基座设计参数中的目标基座设计参数。

8. 一种电子设备, 包括存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序, 其特征在于, 所述处理器执行所述程序时实现如权利要求1至6任一项所述蜂窝夹层隔振基座设计方法。

9. 一种非暂态计算机可读存储介质, 其上存储有计算机程序, 其特征在于, 所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至6任一项所述蜂窝夹层隔振基座设计方法。

10. 一种计算机程序产品, 包括计算机程序, 其特征在于, 所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至6任一项所述蜂窝夹层隔振基座设计方法。

蜂窝夹层隔振基座设计方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及基座设计领域,尤其涉及一种蜂窝夹层隔振基座设计方法及装置。

背景技术

[0002] 随着船舶大型化、高速化的发展,船舶机械设备振动与噪声强度大大增加,因此,设计船舶机械设备的隔振基座需要考虑两方面的问题:一方面,尽可能对隔振基座进行轻量化设计;另一方面,提高隔振基座的隔振性能。当前,对船舶振动噪声的控制措施主要集中在对机械设备振动的隔离上,例如通过结构优化设计、布置隔振系统、阻振方钢和阻尼材料等方法,仅在一定程度上减小了振动和辐射噪声,实现的功能单一,只能应对船舶隔振的单一需求,而难以应对当前船舶高速化与安静化发展带来的复杂需求。

[0003] 因此,如何解决现有技术难以平衡轻量化和隔振性能的缺陷,是当前业界亟待解决的问题。

发明内容

[0004] 本发明提供一种蜂窝夹层隔振基座设计方法及装置,用以解决现有技术中难以平衡轻量化和隔振性能的缺陷,实现满足实际发展的复杂需求,达到轻量化和提升隔振能力的双重目标。

[0005] 本发明提供一种蜂窝夹层隔振基座设计方法,所述蜂窝夹层隔振基座包括:蜂窝芯、上筋板和下筋板,所述蜂窝芯设置于所述上筋板和所述下筋板之间,所述方法包括:

[0006] 基于预设蜂窝芯宽度阈值、预设蜂窝芯间距阈值、预设蜂窝芯厚度阈值和预设筋板厚度阈值,获取多组基座设计参数,每组所述基座设计参数包括一个蜂窝芯宽度信息、一个蜂窝芯间距信息、一个蜂窝芯厚度信息和一个筋板厚度信息;

[0007] 将各组所述基座设计参数输入预设分析软件,输出每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息;

[0008] 基于每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,确定每组所述基座设计参数对应的综合性能评估值,并根据各所述综合性能评估值的大小排序,确定各组所述基座设计参数中的目标基座设计参数。

[0009] 根据所述的蜂窝夹层隔振基座设计方法,基于预设蜂窝芯宽度阈值、预设蜂窝芯间距阈值、预设蜂窝芯厚度阈值和预设筋板厚度阈值,获取多组基座设计参数,包括:

[0010] 将所述预设蜂窝芯宽度阈值、预设蜂窝芯间距阈值、预设蜂窝芯厚度阈值和预设筋板厚度阈值,步进式均分为N段,得到N+1个预设蜂窝芯宽度值,N+1个预设蜂窝芯间距值,N+1个预设蜂窝芯厚度值和N+1个预设筋板厚度值;

[0011] 基于所述N+1个预设蜂窝芯宽度值,N+1个预设蜂窝芯间距值,N+1个预设蜂窝芯厚度值和N+1个预设筋板厚度值的任意组合,得到 $(N+1)^4$ 组基座设计参数。

[0012] 根据所述的蜂窝夹层隔振基座设计方法,将各组所述基座设计参数输入预设分析软件,输出每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,包括:

[0013] 各组所述基座设计参数输入COMSOL软件,自动计算所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息;

[0014] 将所述加速度振级总落差信息和基座重量信息传输到MATLAB软件进行存储。

[0015] 根据所述的蜂窝夹层隔振基座设计方法,基于每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,确定每组所述基座设计参数对应的综合性能评估值,包括:

[0016] 分别对各组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息进行归一化处理,得到归一化后的加速度振级总落差信息和归一化后的基座重量信息;

[0017] 根据归一化后的基座重量信息与第一预设系数的乘积,和归一化后的加速度振级总落差信息与第二预设系数的乘积,得到所述综合性能评估值;

[0018] 其中,所述第一预设系数与所述蜂窝夹层隔振基座的轻量化水平相关联,所述第二预设系数与所述蜂窝夹层隔振基座的隔振能力相关联。

[0019] 根据所述的蜂窝夹层隔振基座设计方法,归一化后的加速度振级总落差信息,具体为:

$$[0020] \quad \overline{\Delta B(m)} = \frac{\Delta B'(m) - \min(\Delta B')}{\max(\Delta B') - \min(\Delta B')}$$

[0021] 其中, $m=1,2,\dots,N+1$, $\min(\Delta B')$ 与 $\max(\Delta B')$ 分别为 $(N+1)$ 个加速度振级总落差信息 $\Delta B'$ 的最小值与最大值。

[0022] 根据所述的蜂窝夹层隔振基座设计方法,归一化后的基座重量信息,具体为:

$$[0023] \quad \overline{G(m)} = \frac{\max(G) - G(m)}{\max(G) - \min(G)}$$

[0024] 其中, $m=1,2,\dots,(N+1)$, $\min(G)$ 与 $\max(G)$ 分别为 $(N+1)$ 个基座重量信息 G 的最小值与最大值。

[0025] 本发明还提供一种蜂窝夹层隔振基座设计装置,所述蜂窝夹层隔振基座包括:蜂窝芯、上筋板和下筋板,所述蜂窝芯设置于所述上筋板和所述下筋板之间,所述装置包括:

[0026] 获取模块,基于预设蜂窝芯宽度阈值、预设蜂窝芯间距阈值、预设蜂窝芯厚度阈值和预设筋板厚度阈值,获取多组基座设计参数,每组所述基座设计参数包括一个蜂窝芯宽度信息、一个蜂窝芯间距信息、一个蜂窝芯厚度信息和一个筋板厚度信息;

[0027] 输出模块,将各组所述基座设计参数输入预设分析软件,输出每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息;

[0028] 确定模块,基于每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,确定每组所述基座设计参数对应的综合性能评估值,并根据各所述综合性能评估值的大小排序,确定各组所述基座设计参数中的目标基座设计参数。

[0029] 本发明还提供一种电子设备,包括存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现如上述任一种所述蜂窝夹层隔振基座设计方法。

[0030] 本发明还提供一种非暂态计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如上述任一种所述蜂窝夹层隔振基座设计方法。

[0031] 本发明还提供一种计算机程序产品,包括计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如上述任一种所述蜂窝夹层隔振基座设计方法。

[0032] 本发明提供的蜂窝夹层隔振基座设计方法及装置,通过将获取的多组基座设计参数,输入到预设分析软件,由该预设分析软件经过分析,输出每组基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,其中,加速度振级总落差信息越大,说明隔振能力越好,基座重量信息越小,说明越轻;而基于加速度振级总落差信息和基座重量信息确定的综合性能评估值,则可以作为综合评估蜂窝夹层隔振基座的隔振能力和轻量化水平的指标;根据对各组综合性能评估值的大小排序,按照一定方式选定其中最优的综合性能评估值,该值对应的基座设计参数就是目标基座设计参数,以该目标基座设计参数设计出的蜂窝夹层隔振基座,可以既满足实际需求对隔振能力的要求,又满足对轻量化水平的要求,实现轻量化和提升隔振能力的双重目标,有效平衡了轻量化和提升隔振能力的需求。

附图说明

[0033] 为了更清楚地说明本发明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一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0034] 图1为本申请实施例提供的筋板结构示意图;

[0035] 图2为本申请实施例提供的蜂窝芯结构示意图;

[0036] 图3为本申请实施例提供的蜂窝夹层隔振基座结构示意图;

[0037] 图4为本申请实施例提供的蜂窝芯截面结构示意图;

[0038] 图5为本申请实施例描述的蜂窝夹层隔振基座设计方法流程图;

[0039] 图6为本申请实施例提供的蜂窝夹层隔振基座设计装置结构示意图;

[0040] 图7是本发明提供的电子设备的结构示意图。

具体实施方式

[0041] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明中的附图,对本发明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。

[0042] 图1为本申请实施例提供的筋板结构示意图,如图1所示,包括:筋板。

[0043] 在本申请实施例中,筋板可以是上筋板,也可以是下筋板,筋板是具有高强度的薄面板,薄面板可以是高强度复合材料,例如高强度碳纤维复合材料、高强度树脂复合材料、高强度纳米复合材料等。

[0044] 图2为本申请实施例提供的蜂窝芯结构示意图,如图2所示,包括:蜂窝芯。

[0045] 在本申请实施例中,蜂窝芯由许多中心镂空的蜂窝状部分组成,是一层厚而极轻的蜂窝状芯,可以是复合材料,例如玻璃钢、橡胶、碳纤维等。

[0046] 图3为本申请实施例提供的蜂窝夹层隔振基座结构示意图,如图3所示,所述蜂窝夹层隔振基座包括:蜂窝芯310、上筋板320和下筋板330,所述蜂窝芯310设置于所述上筋板

320和所述下筋板330之间;其中,涉及的参数有蜂窝芯厚度L和筋板厚度P,蜂窝芯厚度L是蜂窝芯310的厚度,筋板厚度P是上筋板320及下筋板330的厚度。

[0047] 在本申请实施例中,蜂窝芯是一层厚而极轻的蜂窝状芯,可以是复合材料,例如玻璃钢、橡胶、碳纤维等,蜂窝芯与上筋板和下筋板是通过处理后进行粘接成型的,蜂窝芯在上筋板和下筋板之间。为了进一步增加结构阻抗,在蜂窝芯空隙中涂抹阻尼脂,可以有效提高结构阻抗,在变形时可以消耗一部分由于结构振动而产生的能量,从而抑制结构的振动。

[0048] 具体地,上筋板是具有高强度的薄面板,薄面板可以是高强度复合材料,例如高强度碳纤维复合材料、高强度树脂复合材料、高强度纳米复合材料等。

[0049] 具体地,下筋板是具有高强度的薄面板,薄面板可以是高强度复合材料,例如高强度碳纤维复合材料、高强度树脂复合材料、高强度纳米复合材料等。

[0050] 在本申请实施例中,蜂窝芯厚度L与上筋板的厚度、下筋板的厚度可以不一样,也可以一样。

[0051] 在本申请实施例中,筋板厚度P是指,上筋板及下筋板的厚度。

[0052] 图4为本申请实施例提供的蜂窝芯截面结构示意图,如图4所示,包括:多个蜂窝截面结构,其中,涉及的参数有蜂窝芯宽度e和蜂窝芯间距a。

[0053] 在本申请实施例中,蜂窝芯为正六边形,正六边形的边长就是蜂窝芯宽度e。

[0054] 在本申请实施例中,蜂窝芯间距a是蜂窝芯之间的距离,每个蜂窝芯之间都是相同距离。

[0055] 图5为本申请实施例描述的蜂窝夹层隔振基座设计方法流程图,如图5所示,包括:

[0056] 步骤510,基于预设蜂窝芯宽度阈值、预设蜂窝芯间距阈值、预设蜂窝芯厚度阈值和预设筋板厚度阈值,获取多组基座设计参数,每组所述基座设计参数包括一个蜂窝芯宽度信息、一个蜂窝芯间距信息、一个蜂窝芯厚度信息和一个筋板厚度信息;

[0057] 在本申请实施例中,取四种设计参数作为基座的设计参数,分别是:蜂窝芯宽度e、蜂窝芯间距a、蜂窝芯厚度L和筋板厚度P。

[0058] 具体地,蜂窝芯为正六边形,正六边形的边长就是蜂窝芯宽度e。

[0059] 具体地,蜂窝芯间距a是蜂窝芯之间的距离,每个蜂窝芯之间都是相同距离。

[0060] 具体地,蜂窝芯厚度L是蜂窝芯的厚度。

[0061] 具体地,筋板厚度P是指,上筋板及下筋板的厚度。

[0062] 在本申请实施例中,由于蜂窝夹层隔振基座所支撑的机械设备特点及机舱空间尺寸的限制,上述四种设计参数均设置有可以调节的阈值范围。

[0063] 具体地,蜂窝芯宽度e对应的阈值范围为预设蜂窝芯宽度阈值 $[e_1, e_2]$,蜂窝芯间距a对应的阈值范围为预设蜂窝芯间距阈值 $[a_1, a_2]$,蜂窝芯厚度L对应的阈值范围为预设蜂窝芯厚度阈值 $[L_1, L_2]$,筋板厚度P对应的阈值范围为预设筋板厚度阈值 $[P_1, P_2]$ 。

[0064] 其中,预设筋板厚度阈值 $[P_1, P_2]$ 对应的是,上筋板的厚度与下筋板的厚度可能会一样,也可能会不一样,当上筋板的厚度与下筋板的厚度不一样时,取两个筋板中厚度最小的对应筋板厚度为阈值范围下限,取厚度最大的对应筋板厚度为阈值范围上限。

[0065] 在本申请实施例中,将上述四种设计参数的阈值范围均分为N段,得到多组基座设计参数,每组基座设计参数包括一个蜂窝芯宽度信息、一个蜂窝芯间距信息、一个蜂窝芯厚度信息和一个筋板厚度信息,其中,N为大于1的正整数。

[0066] 具体地,各组基座设计参数的值都互不相同,在同一组基座设计参数中,蜂窝芯宽度信息是指,该组基座设计参数中的预设蜂窝芯宽度值;蜂窝芯间距信息是指,该组基座设计参数中的预设蜂窝芯间距值;蜂窝芯厚度信息是指,该组基座设计参数中的预设蜂窝芯厚度值;筋板厚度信息是指,该组基座设计参数中的预设筋板厚度值。

[0067] 步骤520,将各组所述基座设计参数输入预设分析软件,输出每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息;

[0068] 在本申请实施例中,以各组基座设计参数为输入,由预设分析软件对所输入的各组基座设计参数进行分析处理,得到并输出每组基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息。

[0069] 具体地,该预设分析软件是指事先设置好的分析软件,可以是仿真模拟软件,也可以是数据分析软件等等。

[0070] 具体地,加速度振级总落差信息表示的是蜂窝夹层隔振基座的隔振能力,每组基座设计参数对应一个加速度振级总落差信息。

[0071] 具体地,基座重量信息表示的是蜂窝夹层隔振基座的轻量化水平,即为蜂窝芯、上筋板以及下筋板的重量之和,每组基座设计参数对应一个基座重量信息。

[0072] 步骤530,基于每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,确定每组所述基座设计参数对应的综合性能评估值,并根据各所述综合性能评估值的大小排序,确定各组所述基座设计参数中的目标基座设计参数。

[0073] 在本申请实施例中,对每组的加速度振级总落差信息和基座重量信息分别进行归一化处理,用归一化后的加速度振级总落差信息和归一化后的基座重量信息,来协同表征蜂窝夹层隔振基座的综合性能。

[0074] 具体地,综合性能用综合性能评估值来表示,综合性能评估值由归一化后的加速度振级总落差信息和归一化后的基座重量信息,分别按照各自比重得到,每组基座设计参数对应一个综合性能评估值。

[0075] 进一步地,综合性能评估值并不是固定的,可以根据对于轻量化水平与隔振能力设计的具体需求进行灵活调整,例如某一使用场景中对轻量化水平要求较高,则调高归一化后的基座重量信息的比重,相对应地降低归一化后的加速度振级总落差信息的比重;而如果另一个某使用场景中对隔振能力要求较高,则调高归一化后的加速度振级总落差信息的比重,相对应地降低归一化后的基座重量信息的比重。

[0076] 具体地,综合性能评估值越大则说明对应的基座设计参数越优秀,最大综合性能评估值对应的基座设计参数就是最优的基座设计参数,即该组基座设计参数能够实现蜂窝夹层隔振基座轻量化水平与隔振能力的综合性能最优设计。

[0077] 其中,最大综合性能评估值对应的基座设计参数就是目标基座设计参数。

[0078] 本申请实施例中,通过将获取的多组基座设计参数,输入到预设分析软件,由该预设分析软件经过分析,输出每组基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,其中,加速度振级总落差信息越大,说明隔振能力越好,基座重量信息越小,说明越轻;而基于加速度振级总落差信息和基座重量信息确定的综合性能评估值,则可以作为综合评估蜂窝夹层隔振基座的隔振能力和轻量化水平的指标;根据对各组综合性能评估值的大小排序,按照一定方式选定其中最优秀的综合性能评估值,该值对应的基座设计参数就是目标

基座设计参数,以该目标基座设计参数设计出的蜂窝夹层隔振基座,可以既满足实际需求对隔振能力的要求,又满足对轻量化水平的要求,实现轻量化和提升隔振能力的双重目标,有效平衡了轻量化和提升隔振能力的需求。

[0079] 可选地,根据所述的蜂窝夹层隔振基座设计方法,基于预设蜂窝芯宽度阈值、预设蜂窝芯间距阈值、预设蜂窝芯厚度阈值和预设筋板厚度阈值,获取多组基座设计参数,包括:

[0080] 将所述预设蜂窝芯宽度阈值、预设蜂窝芯间距阈值、预设蜂窝芯厚度阈值和预设筋板厚度阈值,步进式均分为N段,得到N+1个预设蜂窝芯宽度值,N+1个预设蜂窝芯间距值,N+1个预设蜂窝芯厚度值和N+1个预设筋板厚度值;

[0081] 基于所述N+1个预设蜂窝芯宽度值,N+1个预设蜂窝芯间距值,N+1个预设蜂窝芯厚度值和N+1个预设筋板厚度值的任意组合,得到 $(N+1)^4$ 组基座设计参数。

[0082] 在本申请实施例中,由于蜂窝夹层隔振基座所支撑的机械设备特点及机舱空间尺寸的限制,基座的设计参数均设置有可以调节的阈值范围。

[0083] 具体地,基座的设计参数包括:蜂窝芯宽度 e 、蜂窝芯间距 a 、蜂窝芯厚度 L 和筋板厚度 P 。

[0084] 其中,蜂窝芯宽度对应的阈值范围为预设蜂窝芯宽度阈值 $[e_1, e_2]$,蜂窝芯间距对应的阈值范围为预设蜂窝芯间距阈值 $[a_1, a_2]$,蜂窝芯厚度对应的阈值范围为预设蜂窝芯厚度阈值 $[L_1, L_2]$,筋板厚度对应的阈值范围为预设筋板厚度阈值 $[P_1, P_2]$ 。

[0085] 在本申请实施例中,将预设蜂窝芯宽度阈值 $[e_1, e_2]$ 、预设蜂窝芯间距阈值 $[a_1, a_2]$ 、预设蜂窝芯厚度阈值 $[L_1, L_2]$ 和预设筋板厚度阈值 $[P_1, P_2]$,步进式均分为N段,其中,N为大于1的正整数。

[0086] 具体地,将上述四种阈值范围步进式均分为N段后,可以得到:

[0087] N+1个预设蜂窝芯宽度值,包括 $e_1, e_1 + \frac{e_2 - e_1}{n} \times 1, e_1 + \frac{e_2 - e_1}{n} \times 2, \dots, e_2$;

[0088] N+1个预设蜂窝芯间距值,包括 $a_1, a_1 + \frac{a_2 - a_1}{n} \times 1, a_1 + \frac{a_2 - a_1}{n} \times 2, \dots, a_2$;

[0089] N+1个预设蜂窝芯厚度值,包括 $L_1, L_1 + \frac{L_2 - L_1}{n} \times 1, L_1 + \frac{L_2 - L_1}{n} \times 2, \dots, L_2$;

[0090] N+1个预设筋板厚度值,包括 $P_1, P_1 + \frac{P_2 - P_1}{n} \times 1, P_1 + \frac{P_2 - P_1}{n} \times 2, \dots, P_2$ 。

[0091] 其中,n对应N的值。

[0092] 具体地,N+1个预设蜂窝芯宽度值、N+1个预设蜂窝芯间距值、N+1个预设蜂窝芯厚度值和N+1个预设筋板厚度值之间任意组合,得到 $(N+1)^4$ 组基座设计参数。

[0093] 本申请实施例中,通过将预设蜂窝芯宽度阈值、预设蜂窝芯间距阈值、预设蜂窝芯厚度阈值和预设筋板厚度阈值,步进式均分为N段,并将分段好的各个参数的值进行任意组合,得到 $(N+1)^4$ 组基座设计参数,对后续进一步的数据处理有效提供了足够的支撑,使得最终的结果更具有科学性和可信度。

[0094] 可选地,根据所述的蜂窝夹层隔振基座设计方法,将各组所述基座设计参数输入预设分析软件,输出每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,包括:

[0095] 各组所述基座设计参数输入COMSOL软件,自动计算所述基座设计参数对应的加速

度振级总落差信息和基座重量信息；

[0096] 将所述加速度振级总落差信息和基座重量信息传输到MATLAB软件进行存储。

[0097] 在本申请实施例中,将 $(N+1)^4$ 组基座设计参数存储到MATLAB软件中,并且逐次将各组基座设计参数的组合通过基于对象链接与嵌入的过程控制统一架构(Object Linking and Embedding for Process Control Unified Architecture, OPC UA)的软件接口分别传输到COMSOL软件,针对每组基座设计参数,输入蜂窝夹层隔振基座及所支撑机械设备的基本条件,COMSOL软件就可自动计算出各组基座设计参数对应的加速度振级总落差信息 $\Delta B'$ 和基座重量信息G,并通过软件接口传输回MATLAB软件进行存储。

[0098] 其中, $(N+1)^4$ 组基座设计参数,共对应 $(N+1)^4$ 个加速度振级总落差信息 $\Delta B'$,和 $(N+1)^4$ 个基座重量信息G,对于蜂窝夹层隔振基座来说,基座重量信息G越小越好,加速度振级总落差信息 $\Delta B'$ 越大越好。

[0099] 具体地,MATLAB软件是一款数学软件,可以存储各组基座设计参数,以及将各组基座设计参数通过软件接口传输至COMSOL软件,并存储COMSOL软件计算的各组基座设计参数对应的加速度振级总落差信息 $\Delta B'$ 和基座重量信息G。

[0100] 具体地,基于OPC UA的软件接口,为MATLAB软件和COMSOL软件之间提供了通信连接。其中,OPC UA协议是一种工业通讯数据交互规范与架构,为不同应用、设备、驱动、软件间提供了统一标准接口,独立于硬件制造商与软件开发商,能够解决通讯系统的跨平台问题、实时性问题、安全性问题、集成性问题等。

[0101] 具体地,COMSOL软件是一款仿真模拟软件,在接收到各组基座设计参数和蜂窝夹层隔振基座及所支撑机械设备的基本条件后,可以仿真模拟出各组基座设计参数对应的蜂窝夹层隔振基座,自动计算出各组基座设计参数对应的加速度振级总落差信息 $\Delta B'$ 和基座重量信息G,并通过软件接口传输到MATLAB软件供其存储。

[0102] 具体地,蜂窝夹层隔振基座及所支撑机械设备的基本条件,包含了例如蜂窝夹层隔振基座的材料物性、所支撑机械设备的振动频率范围等,是需要事先分析得到的。

[0103] 进一步地,事先分析蜂窝夹层隔振基座所支撑的机械设备特性,确定其振动频率范围为 $[f'_{\min}, f'_{\max}]$ 。

[0104] 具体地,事先分析机械设备的振动频率范围 $[f'_{\min}, f'_{\max}]$,可以通过振动分析仪、传感器、闪光仪等仪器来分析得到,是常用的振动频率测试方法,具体不再赘述。

[0105] 在本申请实施例中,以蜂窝夹层隔振基座的上筋板(支撑面)中心点为A',下筋板(支撑面)中心点为B'。

[0106] 具体地,加速度振级总落差信息 $\Delta B'$ 的计算公式,具体是:

$$[0107] \quad \Delta B' = \int_{f'_{\min}}^{f'_{\max}} 20 \lg \left\{ \frac{\alpha_{A'}(f)}{\alpha_{B'}(f)} \right\} df$$

[0108] 其中, $\alpha_{A'}(f)$ 、 $\alpha_{B'}(f)$ 分别为蜂窝夹层隔振基座的上筋板(支撑面)中心点A'、下筋板(支撑面)中心点B'在某一频率f处加速度振动响应, f'_{\min} 、 f'_{\max} 为蜂窝夹层隔振基座所支撑的机械设备振动频率范围的最小值、最大值。

[0109] 本申请实施例中,通过COMSOL软件自动计算各组基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,并将加速度振级总落差信息和基座重量信息传输到MATLAB软

件进行存储,有效保证了后续对蜂窝夹层隔振基座综合性能的评估,提高了评估效率。

[0110] 可选地,根据所述的蜂窝夹层隔振基座设计方法,基于每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,确定每组所述基座设计参数对应的综合性能评估值,包括:

[0111] 分别对各组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息进行归一化处理,得到归一化后的加速度振级总落差信息和归一化后的基座重量信息;

[0112] 根据归一化后的基座重量信息与第一预设系数的乘积,和归一化后的加速度振级总落差信息与第二预设系数的乘积,得到所述综合性能评估值;

[0113] 其中,所述第一预设系数与所述蜂窝夹层隔振基座的轻量化水平相关联,所述第二预设系数与所述蜂窝夹层隔振基座的隔振能力相关联。

[0114] 在本申请实施例中,分别对各组基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息进行归一化处理,得到归一化后的加速度振级总落差信息 $\overline{\Delta B(m)}$ 和归一化后的基座重量信息 $\overline{G(m)}$ 。

[0115] 在本申请实施例中,第一预设系数 α 与蜂窝夹层隔振基座的轻量化水平相关联,对应的是归一化后的基座重量信息 $\overline{G(m)}$ 与第一预设系数 α 的乘积 $\alpha\overline{G(m)}$,该乘积 $\alpha\overline{G(m)}$ 表示的是评价蜂窝夹层隔振基座的轻量化水平的指标。其中, $m=1,2,\dots,(N+1)^4$ 。

[0116] 在本申请实施例中,第二预设系数 β 与蜂窝夹层隔振基座的隔振能力相关联,对应的是归一化后的加速度振级总落差信息 $\overline{\Delta B(m)}$ 与第二预设系数 β 的乘积 $\beta\overline{\Delta B(m)}$,该乘积 $\beta\overline{\Delta B(m)}$ 表示的是评价蜂窝夹层隔振基座的隔振能力的指标。其中, $m=1,2,\dots,(N+1)^4$ 。

[0117] 具体地,由MATLAB软件对于 $(N+1)^4$ 组基座设计参数,分别计算得到 $(N+1)^4$ 个对应的综合性能评估值 μ 。

[0118] 具体地,通过乘积 $\alpha\overline{G(m)}$ 和乘积 $\beta\overline{\Delta B(m)}$,得到综合性能评估值 μ ,具体是:

$$[0119] \quad \mu(m) = \alpha\overline{G(m)} + \beta\overline{\Delta B(m)}$$

[0120] 其中, $m=1,2,\dots,(N+1)^4$; $\alpha+\beta=1$, 并且 $\alpha,\beta\geq 0$ 。

[0121] 进一步地,第一预设系数 α 和第二预设系数 β 可以根据蜂窝夹层隔振基座对于轻量化水平与隔振能力设计的具体需求进行灵活调整。例如某一使用场景中对轻量化水平要求较高,则提高第一预设系数 α ,相对应地降低第二预设系数 β ;而如果另一个某使用场景中对隔振能力要求较高,则提高第二预设系数 β ,相对应地降低第一预设系数 α 。

[0122] 具体地,取综合性能评估值 μ 的最大值,其对应的基座设计参数就是最优基座设计参数,即能够实现蜂窝夹层隔振基座轻量化水平与隔振能力的综合性能最优设计。

[0123] 本申请实施例中,通过归一化后的基座重量信息与第一预设系数的乘积,可以评估蜂窝夹层隔振基座的轻量化水平;而通过归一化后的加速度振级总落差信息与第二预设系数的乘积,可以评估蜂窝夹层隔振基座的隔振能力,根据上述两个乘积得到的综合性能评估值,可以有效地综合评估蜂窝夹层隔振基座的轻量化水平和隔振能力,保证了实现轻量化的同时也能实现有效隔振,并且由于第一预设系数和第二预设系数的可调整性,大大

提高了设计蜂窝夹层隔振基座的灵活性。

[0124] 可选地,根据所述的蜂窝夹层隔振基座设计方法,归一化后的加速度振级总落差信息,具体为:

$$[0125] \quad \overline{\Delta B(m)} = \frac{\Delta B'(m) - \min(\Delta B')}{\max(\Delta B') - \min(\Delta B')}$$

[0126] 其中, $m=1,2,\dots,(N+1)^4$, $\min(\Delta B')$ 与 $\max(\Delta B')$ 分别为 $(N+1)^4$ 个加速度振级总落差信息 $\Delta B'$ 的最小值与最大值。

[0127] 在本申请实施例中,针对 $(N+1)^4$ 组基座设计参数,共对应 $(N+1)^4$ 个加速度振级总落差信息 $\Delta B'$,对于蜂窝夹层隔振基座来说,加速度振级总落差 $\Delta B'$ 越大越好。因此在归一化处理时,用每组基座设计参数对应的加速度振级总落差信息 $\Delta B'(m)$,与各组基座设计参数中对应的加速度振级总落差信息最小值 $\min(\Delta B')$ 相减,即 $\Delta B'(m) - \min(\Delta B')$ 。

[0128] 具体地,归一化后的加速度振级总落差信息 $\overline{\Delta B(m)}$,具体是:

$$[0129] \quad \overline{\Delta B(m)} = \frac{\Delta B'(m) - \min(\Delta B')}{\max(\Delta B') - \min(\Delta B')}$$

[0130] 其中, $m=1,2,\dots,(N+1)^4$, $\min(\Delta B')$ 与 $\max(\Delta B')$ 分别为 $(N+1)^4$ 个加速度振级总落差信息 $\Delta B'$ 的最小值与最大值。

[0131] 本申请实施例中,通过对加速度振级总落差信息进行归一化处理,有助于后续评估蜂窝夹层隔振基座的隔振能力。

[0132] 可选地,根据所述的蜂窝夹层隔振基座设计方法,归一化后的基座重量信息,具体为:

$$[0133] \quad \overline{G(m)} = \frac{\max(G) - G(m)}{\max(G) - \min(G)}$$

[0134] 其中, $m=1,2,\dots,(N+1)^4$, $\min(G)$ 与 $\max(G)$ 分别为 $(N+1)^4$ 个基座重量信息 G 的最小值与最大值。

[0135] 在本申请实施例中,针对 $(N+1)^4$ 组基座设计参数,共对应 $(N+1)^4$ 个基座重量信息 G ,对于蜂窝夹层隔振基座来说,基座重量信息 G 越小越好。因此在归一化处理时,用各组基座设计参数中对应的基座重量信息最大值 $\max(G)$,与每组基座设计参数对应的基座重量信息 $G(m)$ 相减,即 $\max(G) - G(m)$ 。

[0136] 具体地,归一化后的基座重量信息,具体是:

$$[0137] \quad \overline{G(m)} = \frac{\max(G) - G(m)}{\max(G) - \min(G)}$$

[0138] 其中, $m=1,2,\dots,(N+1)^4$, $\min(G)$ 与 $\max(G)$ 分别为 $(N+1)^4$ 个基座重量信息 G 的最小值与最大值。

[0139] 本申请实施例中,通过对基座重量信息进行归一化处理,有助于后续评估蜂窝夹层隔振基座的轻量化水平。

[0140] 下面对本发明提供的蜂窝夹层隔振基座设计装置进行描述,下文描述的蜂窝夹层隔振基座设计装置与上文描述的蜂窝夹层隔振基座设计方法可相互对应参照。

[0141] 图6为本申请实施例提供的蜂窝夹层隔振基座设计装置结构示意图,如图6所示,包括:

[0142] 获取模块610,基于预设蜂窝芯宽度阈值、预设蜂窝芯间距阈值、预设蜂窝芯厚度阈值和预设筋板厚度阈值,获取多组基座设计参数,每组所述基座设计参数包括一个蜂窝芯宽度信息、一个蜂窝芯间距信息、一个蜂窝芯厚度信息和一个筋板厚度信息;

[0143] 输出模块620,将各组所述基座设计参数输入预设分析软件,输出每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息;

[0144] 确定模块630,基于每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,确定每组所述基座设计参数对应的综合性能评估值,并根据各所述综合性能评估值的大小排序,确定各组所述基座设计参数中的目标基座设计参数。

[0145] 本申请实施例中,通过将获取的多组基座设计参数,输入到预设分析软件,由该预设分析软件经过分析,输出每组基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,其中,加速度振级总落差信息越大,说明隔振能力越好,基座重量信息越小,说明越轻;而基于加速度振级总落差信息和基座重量信息确定的综合性能评估值,则可以作为综合评估蜂窝夹层隔振基座的隔振能力和轻量化水平的指标;根据对各组综合性能评估值的大小排序,按照一定方式选定其中最优的综合性能评估值,该值对应的基座设计参数就是目标基座设计参数,以该目标基座设计参数设计出的蜂窝夹层隔振基座,可以既满足实际需求对隔振能力的要求,又满足对轻量化水平的要求,实现轻量化和提升隔振能力的双重目标,有效平衡了轻量化和提升隔振能力的需求。

[0146] 图7是本发明提供的电子设备的结构示意图,如图7所示,该电子设备可以包括:处理器(processor)710、通信接口(Communications Interface)720、存储器(memory)730和通信总线740,其中,处理器710,通信接口720,存储器730通过通信总线740完成相互间的通信。处理器710可以调用存储器730中的逻辑指令,以执行蜂窝夹层隔振基座设计方法,所述蜂窝夹层隔振基座包括:蜂窝芯、上筋板和下筋板,所述蜂窝芯设置于所述上筋板和所述下筋板之间,所述方法包括:

[0147] 基于预设蜂窝芯宽度阈值、预设蜂窝芯间距阈值、预设蜂窝芯厚度阈值和预设筋板厚度阈值,获取多组基座设计参数,每组所述基座设计参数包括一个蜂窝芯宽度信息、一个蜂窝芯间距信息、一个蜂窝芯厚度信息和一个筋板厚度信息;

[0148] 将各组所述基座设计参数输入预设分析软件,输出每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息;

[0149] 基于每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,确定每组所述基座设计参数对应的综合性能评估值,并根据各所述综合性能评估值的大小排序,确定各组所述基座设计参数中的目标基座设计参数。

[0150] 此外,上述的存储器730中的逻辑指令可以通过软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM,

Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0151] 另一方面,本发明还提供一种计算机程序产品,所述计算机程序产品包括计算机程序,计算机程序可存储在非暂态计算机可读存储介质上,所述计算机程序被处理器执行时,计算机能够执行上述各方法所提供的蜂窝夹层隔振基座设计方法,所述蜂窝夹层隔振基座包括:蜂窝芯、上筋板和下筋板,所述蜂窝芯设置于所述上筋板和所述下筋板之间,所述方法包括:

[0152] 基于预设蜂窝芯宽度阈值、预设蜂窝芯间距阈值、预设蜂窝芯厚度阈值和预设筋板厚度阈值,获取多组基座设计参数,每组所述基座设计参数包括一个蜂窝芯宽度信息、一个蜂窝芯间距信息、一个蜂窝芯厚度信息和一个筋板厚度信息;

[0153] 将各组所述基座设计参数输入预设分析软件,输出每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息;

[0154] 基于每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,确定每组所述基座设计参数对应的综合性能评估值,并根据各所述综合性能评估值的大小排序,确定各组所述基座设计参数中的目标基座设计参数。

[0155] 又一方面,本发明还提供一种非暂态计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该计算机程序被处理器执行时实现以执行上述各方法提供的蜂窝夹层隔振基座设计方法,所述蜂窝夹层隔振基座包括:蜂窝芯、上筋板和下筋板,所述蜂窝芯设置于所述上筋板和所述下筋板之间,所述方法包括:

[0156] 基于预设蜂窝芯宽度阈值、预设蜂窝芯间距阈值、预设蜂窝芯厚度阈值和预设筋板厚度阈值,获取多组基座设计参数,每组所述基座设计参数包括一个蜂窝芯宽度信息、一个蜂窝芯间距信息、一个蜂窝芯厚度信息和一个筋板厚度信息;

[0157] 将各组所述基座设计参数输入预设分析软件,输出每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息;

[0158] 基于每组所述基座设计参数对应的加速度振级总落差信息和基座重量信息,确定每组所述基座设计参数对应的综合性能评估值,并根据各所述综合性能评估值的大小排序,确定各组所述基座设计参数中的目标基座设计参数。

[0159] 以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,其中所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性的劳动的情况下,即可以理解并实施。

[0160] 通过以上的实施方式的描述,本领域的技术人员可以清楚地了解到各实施方式可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现,当然也可以通过硬件。基于这样的理解,上述技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品可以存储在计算机可读存储介质中,如ROM/RAM、磁碟、光盘等,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备)执行各个实施例或者实施例的某些部分所述的方法。

[0161] 最后应说明的是: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。

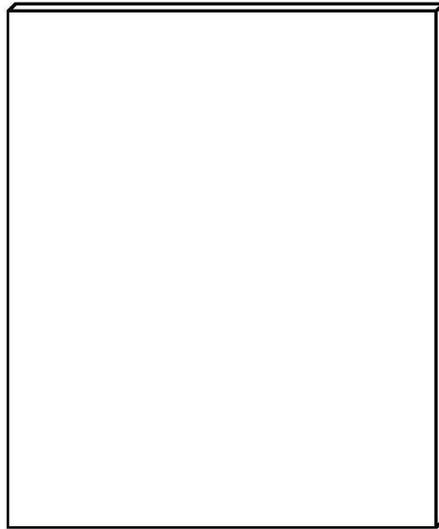


图1

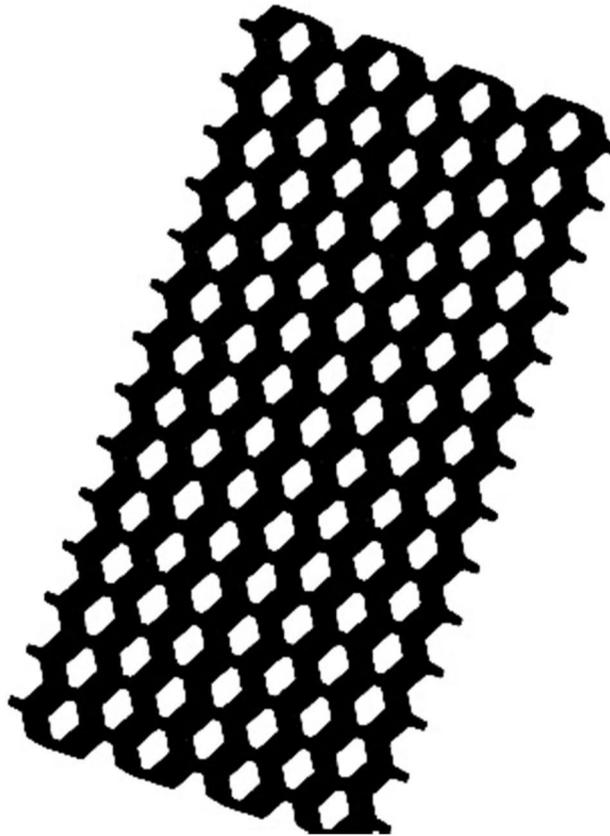


图2

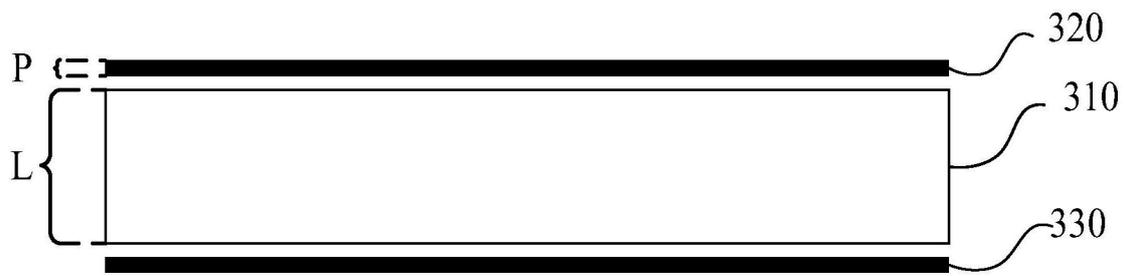


图3

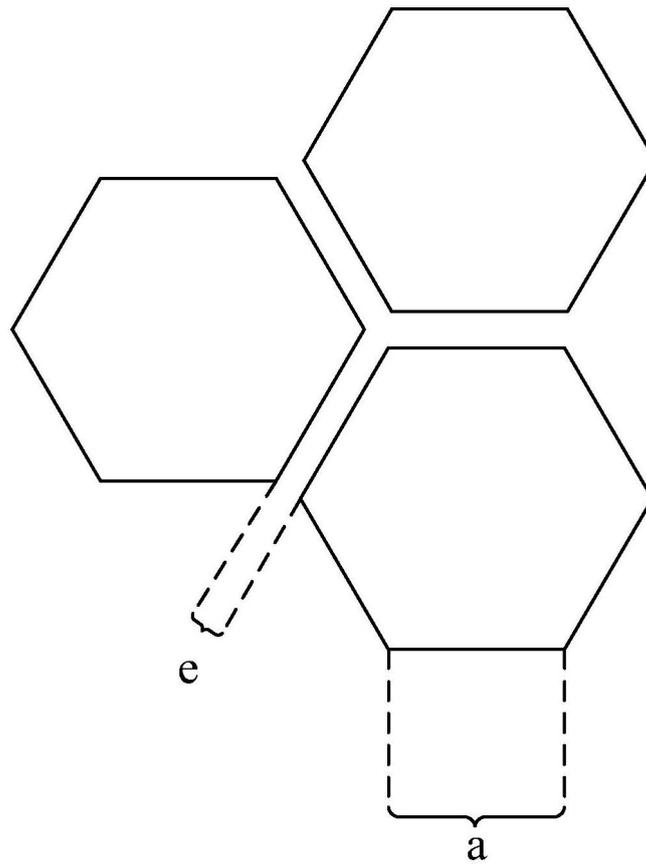


图4

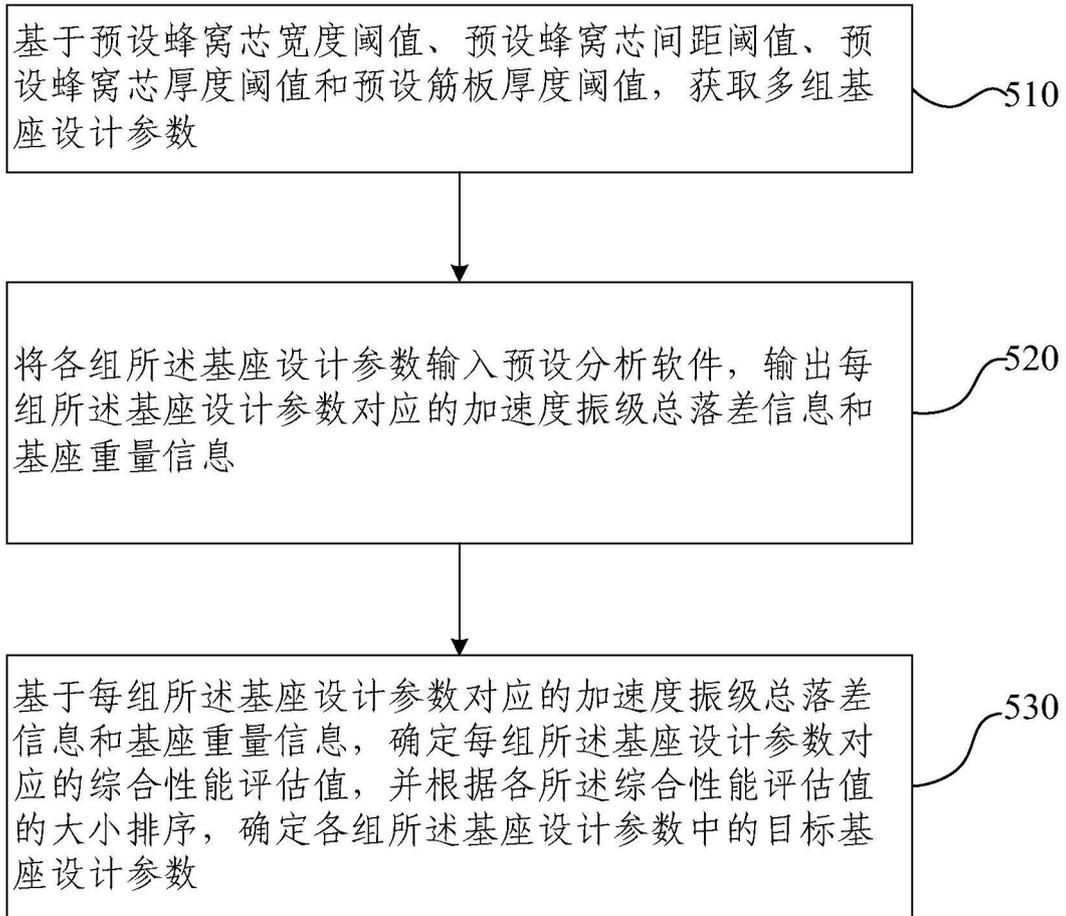


图5



图6

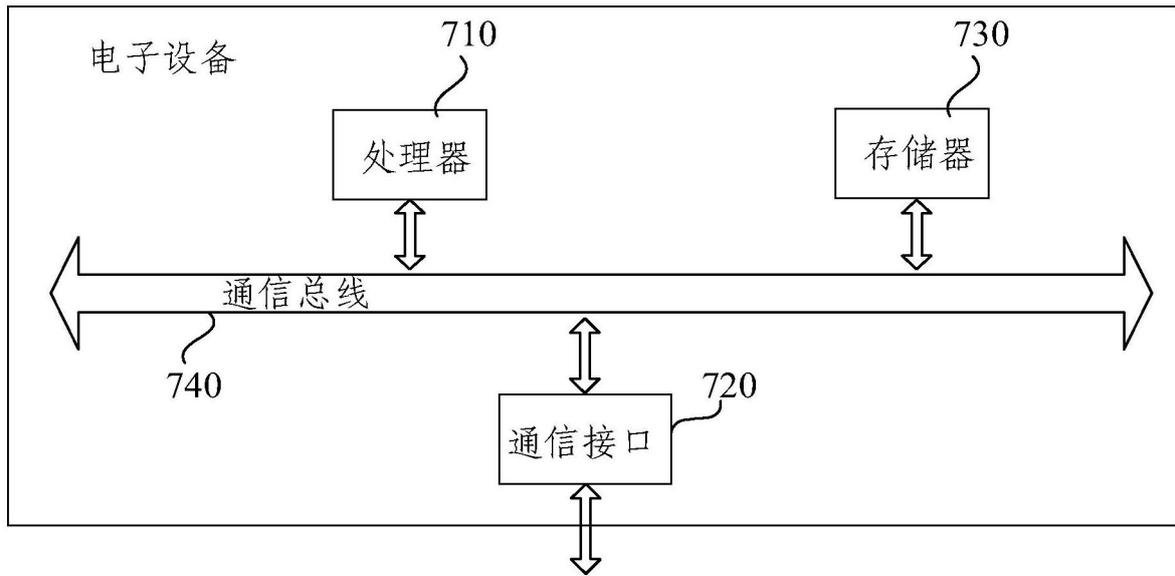


图7