



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109002619 A

(43)申请公布日 2018.12.14

(21)申请号 201810827978.3

(22)申请日 2018.07.25

(71)申请人 四川长虹空调有限公司

地址 621000 四川省绵阳市高新区绵兴东路35号

(72)发明人 李磊鑫 李越峰 董维 邱名友

(74)专利代理机构 成都虹桥专利事务所(普通合伙) 51124

代理人 李凌峰

(51)Int.Cl.

G06F 17/50(2006.01)

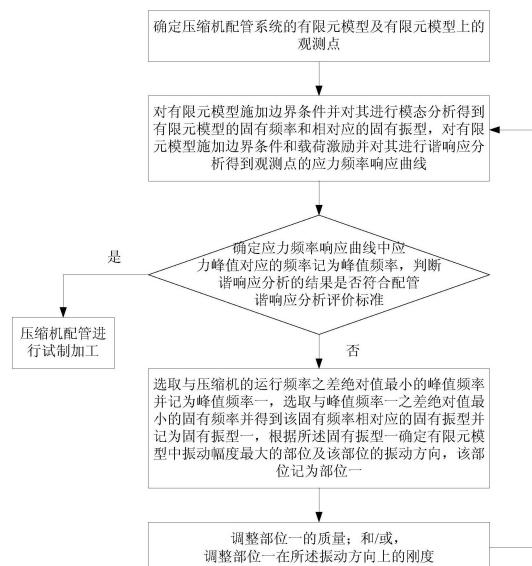
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54)发明名称

定频空调器压缩机配管振动的仿真优化方法

(57)摘要

本发明涉及有限元仿真领域,现有压缩机配管系统优化方向不明确的问题,提出一种定频空调器压缩机配管振动的仿真优化方法,即针对有限元模型进行模态分析和谐响应分析,确定应力频率响应曲线中应力峰值对应的峰值频率,判断谐响应分析的结果是否符合配管谐响应分析评价标准,如符合则进行压缩机配管的试制加工,否则选取与压缩机的工作频率之差绝对值最小的峰值频率并记为峰值频率一,选取与峰值频率一之差绝对值最小的固有频率并得到该固有频率相对应的固有振型并记为固有振型一,根据固有振型一确定有限元模型中振动幅度最大的部位及该部位的振动方向,调整该部位的质量和/或调整该部位在振动方向上的刚度。本发明适用于压缩机配管系统的优化。



1. 定频空调器压缩机配管振动的仿真优化方法,其特征在于,包括以下步骤:

a. 确定压缩机配管系统的有限元模型及有限元模型上的观测点;

b. 对有限元模型施加边界条件并对其进行模态分析得到有限元模型的固有频率和相对应的固有振型,对有限元模型施加边界条件和载荷激励并对其进行谐响应分析得到所述观测点的应力频率响应曲线;

c. 确定应力频率响应曲线中应力峰值所对应的频率记为峰值频率,判断步骤b中谐响应分析的结果是否符合配管谐响应分析评价标准,若符合,则进行步骤d,否则,进入步骤e;

d. 压缩机配管进行试制加工;

e. 选取与压缩机的工作频率之差绝对值最小的峰值频率并将该峰值频率记为峰值频率一,选取与峰值频率一之差绝对值最小的固有频率并得到该固有频率相对应的固有振型,记该固有振型为固有振型一,根据所述固有振型一确定有限元模型中振动幅度最大的部位及该部位的振动方向,该部位记为部位一;

f. 调整部位一的质量;和/或,调整部位一在所述振动方向上的刚度,进入步骤b。

2. 如权利要求1所述的定频空调器压缩机配管振动的仿真优化方法,其特征在于,所述步骤f中,若所述峰值频率一大于压缩机的工作频率,则减小所述部位一处的质量,和/或,增加部位一在所述振动方向上的刚度;若所述峰值频率一小于压缩机的工作频率,则增加所述部位一处的质量,和/或,减少部位一在所述振动方向上的刚度。

3. 如权利要求1或2所述的定频空调器压缩机配管振动的仿真优化方法,其特征在于,所述步骤e中,当压缩机的工作频率大于所述峰值频率的最小值且小于峰值频率的最大值时,若所述峰值频率一大于所述工作频率,则还选取小于工作频率且与工作频率之差绝对值最小的峰值频率并将该峰值频率记为峰值频率二,若峰值频率一小于所述工作频率,则还选取大于工作频率且与工作频率之差最小的峰值频率并将该峰值频率记为峰值频率二,当峰值频率二存在时,还选取与峰值频率二之差绝对值最小的固有频率并得到该固有频率相对应的固有振型,记该固有振型为固有振型二,根据所述固有振型二确定有限元模型中振动幅度最大的部位及该部位的振动方向,该部位记为部位二;

若所述部位二与所述部位一不一致,则步骤f还包括如下调整:若所述峰值频率二大于压缩机的工作频率,则减小所述部位二处的质量,和/或,增加部位二在所述振动方向上的刚度;若所述峰值频率二小于压缩机工作频率,则增加所述部位二处的质量,和/或,减少部位二在所述振动方向上的刚度。

4. 如权利要求1所述的定频空调器压缩机配管振动的仿真优化方法,其特征在于,所述步骤a中,有限元模型包括压缩机缸体、四通阀、与压缩机缸体相连的储液罐、固定压缩机缸体的橡胶脚、连通储液罐的吸气口与四通阀的吸气管、连通压缩机缸体的排气口和四通阀的排气管、用于连接四通阀与换热器的连接管一及用于连接四通阀与截止阀的连接管二,所述连接管一包括边界管口一和边界管口二,所述连接管二包括边界管口三,压缩机包括压缩机缸体和储液罐。

5. 如权利要求4所述的定频空调器压缩机配管振动的仿真优化方法,其特征在于,所述吸气管包括自储液罐的吸气口向外延伸的吸气管第一延伸部、连接所述吸气管第一延伸部末端弯曲的吸气管第一弯部、自所述吸气管第一弯部的末端以平行于所述吸气管第一延伸部的延伸方向回折延伸的吸气管第二延伸部及连接所述吸气管第二延伸部末端弯曲的吸

气管第二弯部；

所述排气管包括自压缩机缸体的排气口向外延伸的排气管第一延伸部、连接所述排气管第一延伸部末端弯曲的排气管第一弯部、自所述排气管第一弯部的末端以平行于所述排气管第一延伸部的延伸方向回折延伸的排气管第二延伸部及连接所述排气管第二延伸部末端弯曲的排气管第二弯部；

所述观测点至少包括观测点一和观测点二，所述观测点一位于吸气管第一弯部且靠近吸气管第一延伸部处，所述观测点二位于排气管第一弯部且靠近排气管第一延伸部。

6. 如权利要求4所述的定频空调器压缩机配管振动的仿真优化方法，其特征在于，步骤b中，所述边界条件为橡胶脚底面的固定全约束和边界管口一、边界管口二及边界管口三的固定约束，所述橡胶脚为三个。

7. 如权利要求1所述的定频空调器压缩机配管振动的仿真优化方法，其特征在于，步骤b中，所述载荷激励为两节点单位位移载荷，所述两节点在压缩机缸体上呈对称分布位移方向相反且相位角相差180度。

8. 如权利要求1所述的定频空调器压缩机配管振动的仿真优化方法，其特征在于，步骤b中，所述模态分析得到配管的前20阶固有频率及与所述前20阶固有频率相对应的固有振型。

9. 如权利要求1所述的定频空调器压缩机配管振动的仿真优化方法，其特征在于，步骤b中，所述谐响应分析方法为完全法，所述完全法中分析频率的起始值为为压缩机的工作频率减20Hz，分析频率的终止值为压缩机的工作频率加20Hz。

10. 如权利要求1所述的定频空调器压缩机配管振动的仿真优化方法，其特征在于，步骤c中，所述配管谐响应分析评价标准为：所述峰值频率与压缩机的工作频率之差的最小绝对值不小于8Hz，且应力峰值的幅值的0.618倍值所对应的频率与压缩机的工作频率之差的最小绝对值不小于6Hz。

定频空调器压缩机配管振动的仿真优化方法

技术领域

[0001] 本发明涉及有限元仿真领域,特别涉及一种定频空调器压缩机配管振动的仿真并针对仿真结果进行优化的方法。

背景技术

[0002] 在空调器中,压缩机是“心脏”也是激励源,而配管是连接压缩机与空调换热系统的直接部件,因而配管的振动相对较大。针对定频空调器的配管振动评价方面,行业内有很多评价手段,如先通过仿真评价配管方案,再通过试验测试进一步评价配管方案。其中,仿真评价是通过仿真手段对概念设计阶段的配管方案优劣进行评价,例如申请号为201810494640.0的中国专利提出了一种定频空调器压缩机配管振动的仿真评价方法,该方法里面仅提出了对压缩机配管系统建立包括压缩机缸体、储液罐、吸气管和排气管的有限元模型并对其仿真后根据仿真的结果来评价配管是否可以试制加工,其并未给出当仿真的结果不符合评价标准时配管该如何进行优化;而实测测试评价是通过采集实物样机中配管的振幅、应力等数据进而对配管方案优劣进行评价。而在现阶段,不论是利用仿真手段还是经验设计,对配管方案的优化都是以试错法为主还没有一个明确方向。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是:克服现有压缩机配管系统优化方向不明确的问题,提出一种定频空调器压缩机配管振动的仿真优化方法。

[0004] 本发明解决上述技术问题,采用的技术方案是:

[0005] 定频空调器压缩机配管振动的仿真优化方法,包括以下步骤:

[0006] a. 确定压缩机配管系统的有限元模型及有限元模型上的观测点;

[0007] b. 对有限元模型施加边界条件并对其进行模态分析得到有限元模型的固有频率和相对应的固有振型,对有限元模型施加边界条件和载荷激励并对其进行谐响应分析得到所述观测点的应力频率响应曲线;

[0008] c. 确定应力频率响应曲线中应力峰值所对应的频率记为峰值频率,判断步骤b中谐响应分析的结果是否符合配管谐响应分析评价标准,若符合,则进行步骤d,否则,进入步骤e;

[0009] d. 压缩机配管进行试制加工;

[0010] e. 选取与压缩机的工作频率之差绝对值最小的峰值频率并将该峰值频率记为峰值频率一,选取与峰值频率一之差绝对值最小的固有频率并得到该固有频率相对应的固有振型,记该固有振型为固有振型一,根据所述固有振型一确定有限元模型中振动幅度最大的部位及该部位的振动方向,该部位记为部位一;

[0011] f. 调整部位一的质量;和/或,调整部位一在所述振动方向上的刚度,进入步骤b。

[0012] 优选的,所述步骤f中,若所述峰值频率一大于压缩机的工作频率,则减小所述部位一处的质量,和/或,增加部位一在所述振动方向上的刚度;若所述峰值频率一小于压缩

机的工作频率,则增加所述部位一处的质量,和/或,减少部位一在所述振动方向上的刚度。

[0013] 进一步的,所述步骤e中,当压缩机的工作频率大于所述峰值频率的最小值且小于峰值频率的最大值时,若所述峰值频率一大于所述工作频率,则还选取小于工作频率且与工作频率之差绝对值最小的峰值频率并将该峰值频率记为峰值频率二,若峰值频率一小于所述工作频率,则还选取大于工作频率且与工作频率之差最小的峰值频率并将该峰值频率记为峰值频率二,当峰值频率二存在时,还选取与峰值频率二之差绝对值最小的固有频率并得到该固有频率相对应的固有振型,记该固有振型为固有振型二,根据所述固有振型二确定有限元模型中振动幅度最大的部位及该部位的振动方向,该部位记为部位二;

[0014] 若所述部位二与所述部位一不一致,则步骤f还包括如下调整:若所述峰值频率二大于压缩机的工作频率,则减小所述部位二处的质量,和/或,增加部位二在所述振动方向上的刚度;若所述峰值频率二小于压缩机工作频率,则增加所述部位二处的质量,和/或,减少部位二在所述振动方向上的刚度。

[0015] 优选的,所述步骤a中,有限元模型包括压缩机缸体、四通阀、与压缩机缸体相连的储液罐、固定压缩机缸体的橡胶脚、连通储液罐的吸气口与四通阀的吸气管、连通压缩机缸体的排气口和四通阀的排气管、用于连接四通阀与换热器的连接管一及用于连接四通阀与截止阀的连接管二,所述连接管一包括边界管口一和边界管口二,所述连接管二包括边界管口三,压缩机包括压缩机缸体和储液罐。

[0016] 优选的,所述吸气管包括自储液罐的吸气口向外延伸的吸气管第一延伸部、连接所述吸气管第一延伸部末端弯曲的吸气管第一弯部、自所述吸气管第一弯部的末端以平行于所述吸气管第一延伸部的延伸方向回执延伸的吸气管第二延伸部及连接所述吸气管第二延伸部末端弯曲的吸气管第二弯部;

[0017] 所述排气管包括自压缩机缸体的排气口向外延伸的排气管第一延伸部、连接所述排气管第一延伸部末端弯曲的排气管第一弯部、自所述排气管第一弯部的末端以平行于所述排气管第一延伸部的延伸方向回执延伸的排气管第二延伸部及连接所述排气管第二延伸部末端弯曲的排气管第二弯部;

[0018] 所述观测点至少包括观测点一和观测点二,所述观测点一位于吸气管第一弯部且靠近吸气管第一延伸部处,所述观测点二位于排气管第一弯部且靠近排气管第一延伸部。

[0019] 进一步的,步骤b中,所述边界条件为橡胶脚底面的固定全约束和边界管口一、边界管口二及边界管口三的固定约束,所述橡胶脚为三个。

[0020] 优选的,步骤b中,所述载荷激励为两节点单位位移载荷,所述两节点在压缩机缸体上呈对称分布位移方向相反且相位角相差180度。

[0021] 优选的,步骤b中,所述模态分析得到配管的前20阶固有频率及与所述前20阶固有频率相对应的固有振型。

[0022] 优选的,步骤b中,所述谐响应分析方法为完全法,所述完全法中分析频率的起始值为为压缩机的工作频率减20Hz,分析频率的终止值为压缩机的工作频率加20Hz。

[0023] 优选的,所述配管谐响应分析评价标准为:所述峰值频率与压缩机的工作频率之差的最小绝对值不小于8Hz,且应力峰值的幅值的0.618倍值所对应的频率与压缩机的工作频率之差的最小绝对值不小于6Hz。

[0024] 本发明的有益效果是:

[0025] 1) 改变以试错法为主的压缩机配管系统优化设计方式,为定频空调器的压缩机配管系统优化指明了明确方向,即步骤g中的调整部位一的质量;和/或,调整部位一在所述振动方向上的刚度,使得压缩机的工作频率与压缩机配管系统的自振频率差距加大进而减少压缩机配管的振动。

[0026] 2) 进一步明确了配管方案优化的方向,即部位一的质量是增加还是减小,部位一在所述振动方向上的刚度是增加还是减小。

[0027] 3) 当压缩机工作频率大于所述峰值频率的最小值且小于峰值频率的最小值时,且部位一与部位二不一致时,指明了进一步的调整方向,即调整部位二的质量或振动方向上的刚度。

[0028] 4) 快速确定配管设计方案,缩短设计周期。

附图说明

[0029] 图1为本发明实施例的定频空调器配管振动的仿真优化方法的流程图;

[0030] 图2为本发明实施例一的有限元模型的结构示意图;

[0031] 图3为本发明实施例一的原压缩机配管系统中观测点一的应力频率响应曲线图;

[0032] 图4为本发明实施例一的原压缩机配管系统中观测点二的应力频率响应曲线图;

[0033] 图5为本发明实施例一的优化后压缩机配管系统中观测点一的应力频率响应曲线图;

[0034] 图6为本发明实施例一的优化后压缩机配管系统中观测点二的应力频率响应曲线图;

[0035] 图7为本发明实施例二的有限元模型的结构示意图;

[0036] 图8为本发明实施例二的原压缩机配管系统中观测点一的应力频率响应曲线图;

[0037] 图9为本发明实施例二的原压缩机配管系统中观测点二的应力频率响应曲线图;

[0038] 图10为本发明实施例二的优化后压缩机配管系统中观测点一的应力频率响应曲线图;

[0039] 图11为本发明实施例二的优化后压缩机配管系统中观测点二的应力频率响应曲线图;

[0040] 其中,1为压缩机缸体,2为四通阀,3为储液罐,4为橡胶脚,5为吸气管,50为吸气管第一延伸部,51为吸气管第一弯部,52为吸气管第二延伸部,53为吸气管第二弯部,54为观测点一,6为排气管,60为排气管第一延伸部,61为排气管第一弯部,62为排气管第二延伸部,63为排气管第二弯部,64为观测点二,7为连接管一,71为边界管口一,72为边界管口二,8为连接管二,81为边界管口三。

具体实施方式

[0041] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例对本发明进行进一步详细说明。

[0042] 本发明旨在克服现有压缩机配管系统优化方向不明确的问题,提出一种定频空调器压缩机配管振动的仿真优化方法,如图1所示,该方法包括以下步骤:

[0043] a. 确定压缩机配管系统的有限元模型及有限元模型上的观测点;

[0044] 将具有制冷制热功能的空调器作为参考,使得有限元模型与实际测试具有制冷制热功能的空调器实测响应一致,作为优选,有限元模型可包括压缩机缸体、四通阀、与压缩机缸体相连的储液罐、固定压缩机缸体的橡胶脚、连通储液罐的吸气口与四通阀的吸气管、连通压缩机缸体的排气口和四通阀的排气管、用于连接四通阀与换热器的连接管一及用于连接四通阀与截止阀的连接管二,连接管一包括边界管口一和边界管口二,连接管二包括边界管口三,压缩机包括压缩机缸体和储液罐。

[0045] 因配管振动时应力较大部位是集中在吸气管第一弯部和排气管第一弯部,此两处的应力频率响应数据更能准确地反映配管振动状态,所以观测点至少为两个且分别位于吸气管第一弯部和排气管第一弯部,当然观测点越多就更能准确反映配管的振动状态。优选的,吸气管可包括自储液罐的吸气口向外延伸的吸气管第一延伸部、连接吸气管第一延伸部末端弯曲的吸气管第一弯部、自吸气管第一弯部的末端以平行于吸气管第一延伸部的延伸方向回折延伸的吸气管第二延伸部及连接吸气管第二延伸部末端弯曲的吸气管第二弯部。排气管可包括自压缩机缸体的排气口向外延伸的排气管第一延伸部、连接排气管第一延伸部末端弯曲的排气管第一弯部、自排气管第一弯部的末端以平行于排气管第一延伸部的延伸方向回折延伸的排气管第二延伸部及连接排气管第二延伸部末端弯曲的排气管第二弯部。观测点至少包括观测点一和观测点二,观测点一位于吸气管第一弯部且靠近吸气管第一延伸部处,观测点二位于排气管第一弯部且靠近排气管第一延伸部。

[0046] b.对有限元模型施加边界条件并对其进行模态分析得到有限元模型的固有频率和相对应的固有振型,对有限元模型施加边界条件和载荷激励并对其进行谐响应分析得到观测点的应力频率响应曲线;

[0047] 边界条件为橡胶脚底面的固定全约束和边界管口一、边界管口二及边界管口三的固定约束,橡胶脚为三个。为了覆盖谐响应分析频率段内的峰值频率所对应的固有频率和固有振型,优选的,模态分析可得到配管的前20阶固有频率及与前20阶固有频率相对应的固有振型。载荷激励为两节点单位位移载荷,两节点在压缩机缸体上呈对称分布位移方向相反且相位角相差180度。为了使得计算速度和计算结果匹配最优,优选的,谐响应分析方法为完全法,完全法中分析频率的起始值为为压缩机的工作频率减20Hz,分析频率的终止值为压缩机的工作频率加20Hz。

[0048] c.确定应力频率响应曲线中应力峰值所对应的频率记为峰值频率,判断步骤b中谐响应分析的结果是否符合配管谐响应分析评价标准,若符合,则进行步骤d,否则,进入步骤e;

[0049] 通过实测与仿真验证,当峰值频率与压缩机的工作频率之差的绝对值为6Hz时,配管振动较好,再加上为了更进一步保证配管一次试制成功,因此将差值限定为8Hz。应力峰值的幅值的0.618倍值所对应的频率与压缩机的工作频率之差的最小绝对值设置为6Hz是为了保证应力较大的频率点集中在峰值频率点附近,而不会延伸到压缩机工作频率点附近进而保证配管一次试制成功概率。配管谐响应分析评价标准为:峰值频率与压缩机的工作频率之差的最小绝对值不小于8Hz,且应力峰值的幅值的0.618倍值所对应的频率与压缩机的工作频率之差的最小绝对值不小于6Hz。

[0050] d.压缩机配管进行试制加工;

[0051] e.选取与压缩机的工作频率之差绝对值最小的峰值频率并记为峰值频率一,选取

与峰值频率一之差绝对值最小的固有频率并得到该固有频率相对应的固有振型并记为固有振型一,根据固有振型一确定有限元模型中振动幅度最大的部位及该部位的振动方向,该部位记为部位一;

[0052] 进一步的,为了使的本发明的方案更加完善,步骤e中,当压缩机的工作频率大于峰值频率的最小值且小于峰值频率的最大值时,若峰值频率一大于工作频率,则还选取小于工作频率且与工作频率之差绝对值最小的峰值频率并将该峰值频率记为峰值频率二,若峰值频率一小于工作频率,则还选取大于工作频率且与工作频率之差最小的峰值频率并将该峰值频率记为峰值频率二,当峰值频率二存在时,还选取与峰值频率二之差绝对值最小的固有频率并得到该固有频率相对应的固有振型,记该固有振型为固有振型二,根据固有振型二确定有限元模型中振动幅度最大的部位及该部位的振动方向,该部位记为部位二;

[0053] f.调整部位一的质量;和/或,调整部位一在振动方向上的刚度,进入步骤b。

[0054] 为使压缩机的工作频率与压缩机配管系统的自振频率差距加大进而减少压缩机配管的振动,优选的,步骤f中,若峰值频率一大于压缩机的工作频率,则减小部位一处的质量,和/或,增加部位一在振动方向上的刚度;若峰值频率一小于压缩机的工作频率,则增加部位一处的质量,和/或,减少部位一在振动方向上的刚度。

[0055] 进一步的,当部位二存在时,若部位二与部位一不一致,则步骤f还包括如下调整:若峰值频率二大于压缩机的工作频率,则减小部位二处的质量,和/或,增加部位二在振动方向上的刚度;若峰值频率二小于压缩机工作频率,则增加部位二处的质量,和/或,减少部位二在振动方向上的刚度。

[0056] 本发明通过步骤e和步骤f改变以试错法为主的压缩机配管系统优化设计方式,为定频空调器的压缩机配管系统优化指明了明确方向,进一步明确了配管方案优化的方向,即振动最大的部位的质量是增加还是减小和/或振动最大的部位在所述振动方向上的刚度是增加还是减小,进而快速确定配管设计方案,缩短设计周期。

[0057] 实施例一

[0058] 如图2所示,有限元模型可包括压缩机缸体1、四通阀2、与压缩机缸体1相连的储液罐3、固定压缩机缸体1的橡胶脚4、连接储液罐3的吸气口和四通阀2的吸气管5、连接压缩机缸体1的排气口和四通阀2的排气管6、用于连接四通阀2与换热器的连接管一7及用于连接四通阀2与截止阀的连接管二8,连接管一7包括边界管口一71和边界管口二72,连接管二8包括边界管口三81。

[0059] 吸气管5包括自储液罐3的吸气口向外延伸的吸气管第一延伸部50、连接吸气管第一延伸部50末端弯曲的吸气管第一弯部51、自吸气管第一弯部51的末端以平行于吸气管第一延伸部50的延伸方向回折延伸的吸气管第二延伸部52及连接吸气管第二延伸部52末端弯曲的吸气管第二弯部53,本实施例中吸气管第二弯部53为空间弯。

[0060] 排气管6包括自压缩机缸体1的排气口向外延伸的排气管第一延伸部60、连接排气管第一延伸部60末端弯曲的排气管第一弯部61、自排气管第一弯部61的末端以平行于排气管第一延伸部60的延伸方向回折延伸的排气管第二延伸部62及连接排气管第二延伸部62末端弯曲的排气管第二弯部63。

[0061] 观测点包括观测点一54和观测点二64,观测点一54位于吸气管第一弯部51且靠近吸气管第一延伸部50,观测点二64位于排气管第一弯部61上且靠近排气管第一延伸部60。

[0062] 对有限元模型施加边界条件后进行模态分析,其中,边界条件为橡胶脚4底面的固定全约束和边界管口一71、边界管口二72及边界管口三73的固定约束,橡胶脚4至少为三个;模态分析可得到配管的前20阶固有频率及与前20阶固有频率相对应的固有振型,固有频率列表如表1所示。

[0063] 表1

[0064]

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
固有频率 (Hz)	7.0	7.8	11.4	25.5	30.6	36.1	40.0	45.8	47.0	51.0
阶数	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
固有频率 (Hz)	60.9	68.2	85.5	109.3	127.2	146.8	152.4	154.5	192.8	198

[0065] 对有限元模型施加边界条件和载荷激励并对其进行谐响应分析以得到观测点的应力频率响应曲线。其中,边界条件与上述边界条件一致,载荷激励为两节点位移,两节点在压缩机缸体1上呈对称分布位移方向相反且相位角相差180度。谐响应分析方法采用完全法,完全法中分析频率的起始值为为压缩机的工作频率减20Hz,分析频率的终止值为压缩机的工作频率加20Hz,本实施例中定频空调压缩机的工作频率为50Hz,故而谐响应分析频率的范围为30Hz~70Hz,得到如图3所示的观测点一的应力频率响应曲线和如图4所示的观测点二的应力频率响应曲线。

[0066] 本实施例中谐响应分析结果中观测点一和观测点二处的峰值频率点基本一致,各应力峰值所对应的峰值频率是40Hz、48Hz、68Hz,其与压缩机的工作频率50Hz的最小绝对值为2Hz,不符合评价标准中的“峰值频率与压缩机的工作频率之差的最小绝对值不小于8Hz”。因而压缩机配管无法进行试制加工,需要进入如下的配管优化具体步骤。

[0067] 在本实施例中因观测点一与观测点二的峰值频率相差不大,故而仅以观测点一为例进行配管优化工作,否则需要分别针对观测点一和观测点二的峰值频率进行相应的优化。在本实施例中与压缩机的工作频率之差绝对值最小的峰值频率一为48Hz,因本实施例中的压缩机工作频率50Hz大于峰值频率的最小值40Hz且小于峰值频率的最大值68Hz时,则还需要选取大于工作频率且与工作频率之差绝对值最小的峰值频率68Hz作为峰值频率二,根据表1可知与峰值频率一48Hz之差绝对值最小的固有频率为第9阶的固有频率47Hz,与峰值频率二68Hz之差绝对值最小的固有频率为第12阶的固有频率68.2Hz,根据第9阶固有频率47Hz对应的固有振型得知振动幅度最大部位即部位一为吸气管第二弯部53的底部,振动方向为平行于U型的吸气管第二弯部53所在平面方向振动,第12阶固有振型中振动幅度最大部位及部位二为排气管第二弯部63的底部,振动方向为沿排气管第二弯部63所在的空间弯绕压缩机缸体的切线方向振动。

[0068] 上述部位一和部位二不一致,因而应该进行分开调整,本实施例中峰值频率一48Hz小于压缩机的工作频率50Hz,应增加部位一处的质量或减少部位一在对应振动方向上的刚度,本实施例采取将吸气管第二弯部53下移20mm,这样既增加吸气管空间弯的质量又减小了在其振动方向上的刚度;且本实施例中峰值频率二68Hz大于压缩机的工作频率50Hz;还应减小部位二处的质量或增加部位二在对应振动方向上的刚度,采取将排气管第二弯部63上移20mm,并且将空间弯变为U型弯,这样既减小了排气管第二弯部的质量又增加

了在其振动方向上的刚度。

[0069] 将优化后的配管方案重新进行仿真分析,得到如图5所示优化后压缩机配管系统中的观测点一的应力频率响应曲线和如图6所示优化后压缩机配管系统中的观测点二的应力频率响应曲线,谐响应分析结果中各应力峰值所对应的峰值频率是39Hz和69Hz,其与压缩机的工作频率50Hz的最小绝对值为11Hz大于谐响应分析评价标准中的8Hz,应力峰值39Hz和69Hz的幅值的0.618倍值所对应的频率分别为42Hz和64Hz与压缩机的工作频率之差的最小绝对值为8Hz不小于6Hz,因此优化后的压缩机配管可以进行试制加工。

[0070] 实施例二

[0071] 本实施例与实施例一的不同之处在于观测点一和观测点二的应力频率响应曲线上分别仅存在一个应力峰值。

[0072] 如图7所示,有限元模型可包括压缩机缸体1、四通阀2、与压缩机缸体1相连的储液罐3、固定压缩机缸体1的橡胶脚4、连接储液罐3的吸气口和四通阀2的吸气管5、连接压缩机缸体1的排气口和四通阀2的排气管6、用于连接四通阀2与换热器的连接管一7及用于连接四通阀2与截止阀的连接管二8,连接管一7包括边界管口一71和边界管口二72,连接管二8包括边界管口三81。

[0073] 吸气管5包括自储液罐3的吸气口向外延伸的吸气管第一延伸部50、连接吸气管第一延伸部50末端弯曲的吸气管第一弯部51、自吸气管第一弯部51的末端以平行于吸气管第一延伸部50的延伸方向回折延伸的吸气管第二延伸部52及连接吸气管第二延伸部52末端弯曲的吸气管第二弯部53;其中,吸气管第二延伸部52长于实施例一中的吸气管第二延伸部52。

[0074] 排气管6包括自压缩机缸体1的排气口向外延伸的排气管第一延伸部60、连接排气管第一延伸部60末端弯曲的排气管第一弯部61、自排气管第一弯部61的末端以平行于排气管第一延伸部60的延伸方向回折延伸的排气管第二延伸部62及连接排气管第二延伸部62末端弯曲的排气管第二弯部63。

[0075] 观测点至少包括观测点一54和观测点二64,观测点一54位于吸气管第一弯部51且靠近吸气管第一延伸部50,观测点二64位于排气管第一弯部61上且靠近排气管第一延伸部60。

[0076] 对有限元模型施加边界条件并对其进行模态分析,其中,边界条件为橡胶脚4底面的固定全约束和边界管口一71、边界管口二72及边界管口三73的固定约束,橡胶脚4至少为三个;模态分析可得到配管的前20阶固有频率及与前20阶固有频率相对应的固有振型,固有频率列表如表2所示。

[0077] 表2

[0078]

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
固有频率 (Hz)	6.0	6.1	15.6	25.7	27.8	30.5	31.9	33.0	33.4	37.6
阶数	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
固有频率 (Hz)	40.7	46.8	53.6	61.1	98.7	111.0	124.7	129.0	165.9	168.2

[0079] 对有限元模型施加边界条件和载荷激励并对其进行谐响应分析以得到观测点的

应力频率响应曲线。其中,边界条件与上述边界条件一致,载荷激励为两节点位移,两节点在压缩机缸体1上呈对称分布位移方向相反且相位角相差180度。谐响应分析方法为完全法,完全法中分析频率的起始值为为压缩机的工作频率减20Hz,分析频率的终止值为压缩机的工作频率加20Hz,本实施例中定频空调压缩机的工作频率为50Hz,故而谐响应分析频率的范围为30Hz~70Hz,得到如图8所示的观测点一的应力频率响应曲线和如图9所示的观测点二的应力频率响应曲线。

[0080] 本实施例中谐响应分析结果中观测点一只有一个应力峰值,对应的峰值频率为53Hz,观测点二也只有一个应力峰值,对应的峰值频率为54Hz,均不符合“峰值频率与压缩机的工作频率之差的最小绝对值不小于8Hz”的标准,因而无法进行压缩机配管的试制加工,需要进入如下的配管优化具体步骤。

[0081] 在本实施例中因观测点一与观测点二的峰值频率相差不大,故而以观测点一为例进行配管优化工作,否则需要分别针对观测点一和观测点二的峰值频率进行相应的优化。具体的,与压缩机的工作频率之差绝对值最小的峰值频率一为53Hz。根据表2可知与峰值频率一53Hz之差绝对值最小的固有频率为第13阶的固有频率53.6Hz,根据第13阶固有频率53.6HZ对应的固有振型得知振动幅度最大部位即部位一为吸气管第二弯部53,振动方向沿压缩机缸体周向的切线方向。

[0082] 采取将吸气管第二弯部53上移20mm,并且减小吸气管第一弯部51观测点一所在处的圆弧半径,这样既减小了部位一即吸气管第二弯部53的质量又增加了其振动方向上的刚度。

[0083] 将优化后的配管方案重新进行仿真分析,得到如图10所示优化后压缩机配管系统中的观测点一的应力频率响应曲线和如图11所示优化后压缩机配管系统中的观测点二的应力频率响应曲线,谐响应分析结果中各应力峰值所对应的峰值频率是35Hz和68Hz,其与压缩机的工作频率50Hz的最小绝对值为15Hz大于谐响应分析评价标准中的8HZ,应力峰值35Hz和68Hz的幅值的0.618倍值所对应的频率分别为38Hz和65Hz与压缩机的工作频率之差的最小绝对值为12Hz不小于6Hz,因此可进入步骤d中的压缩机配管进行试制加工。

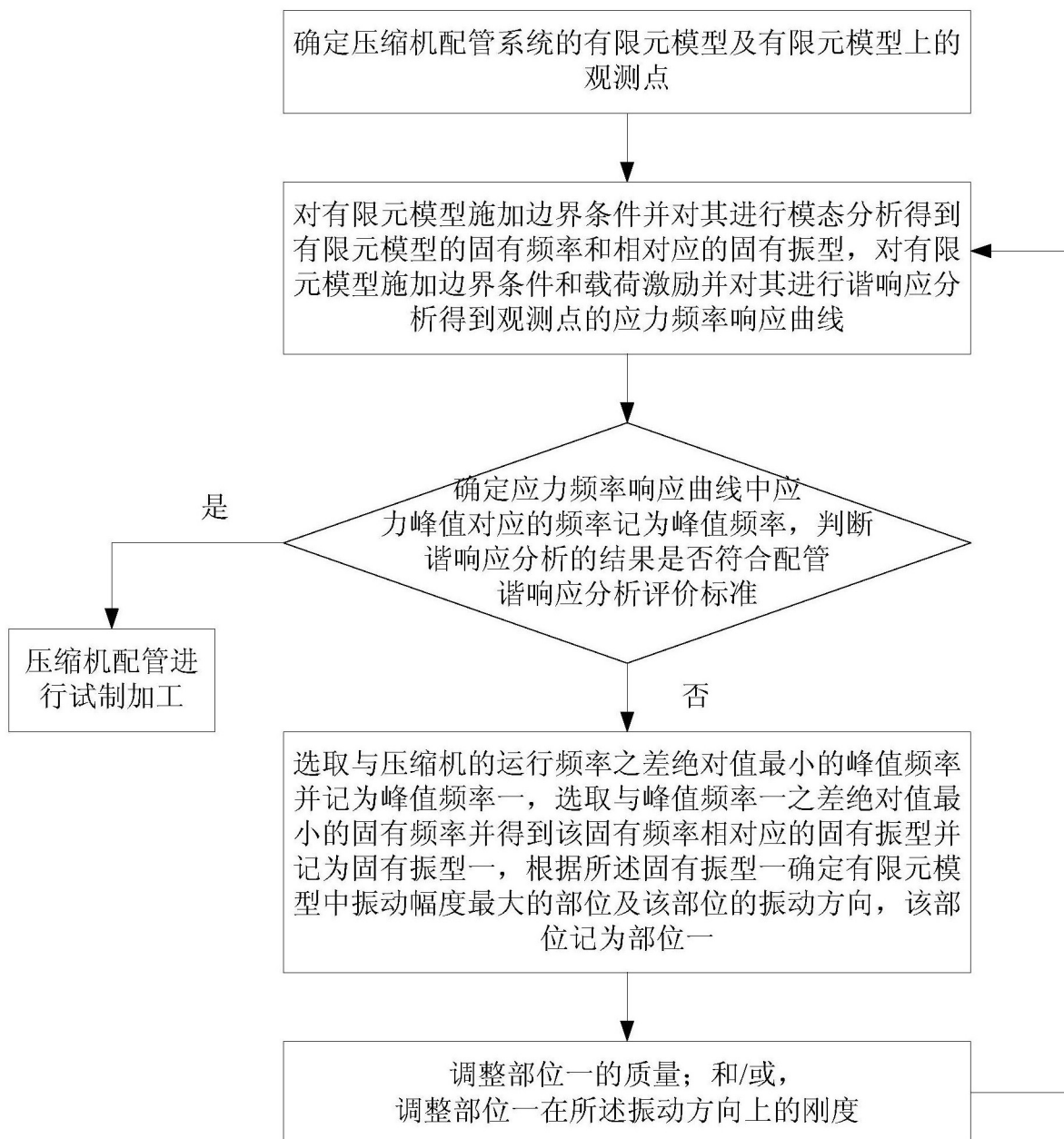


图1

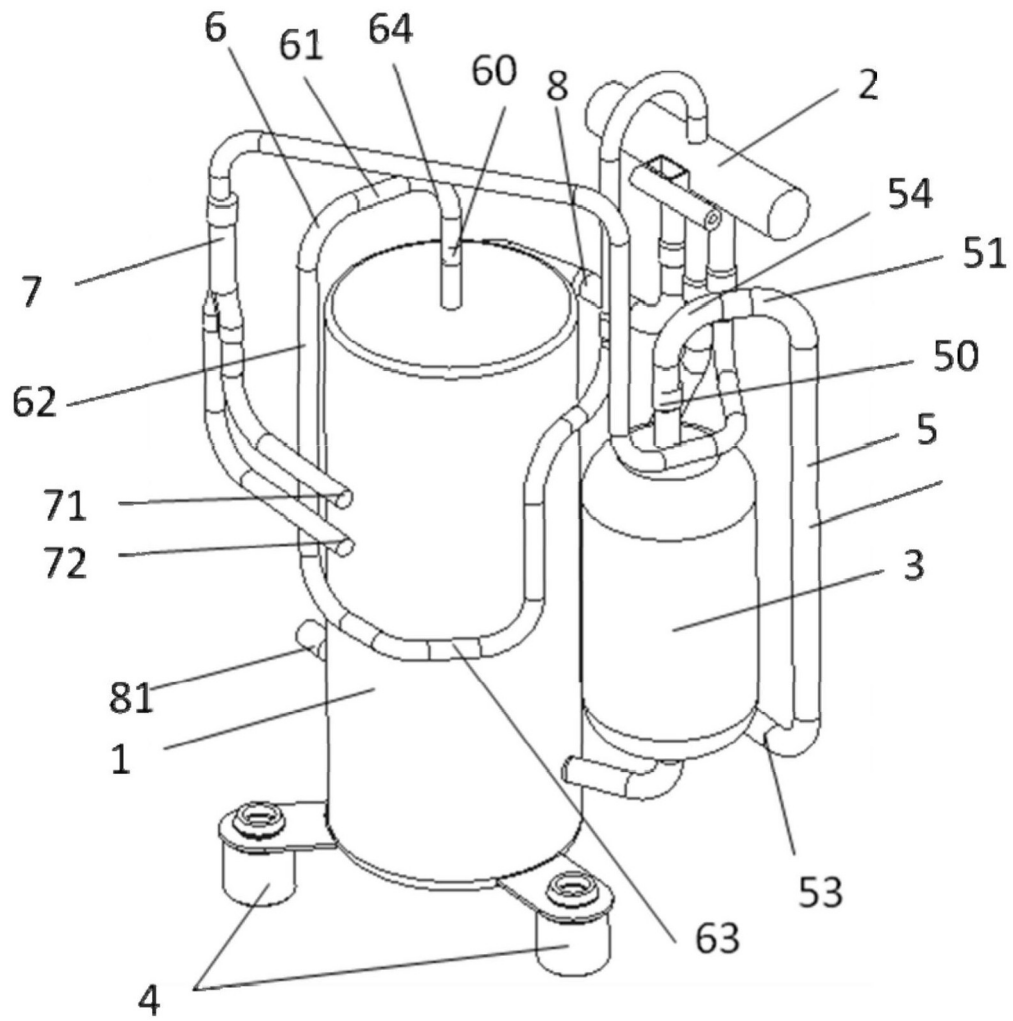


图2

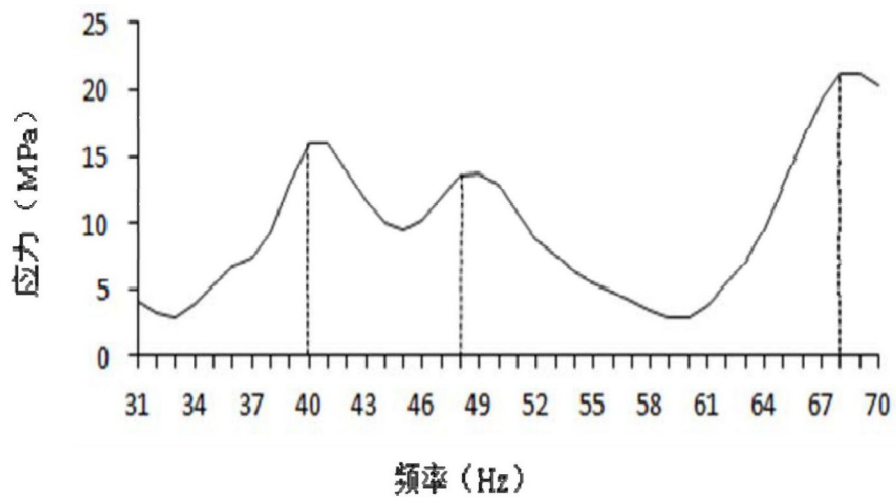


图3

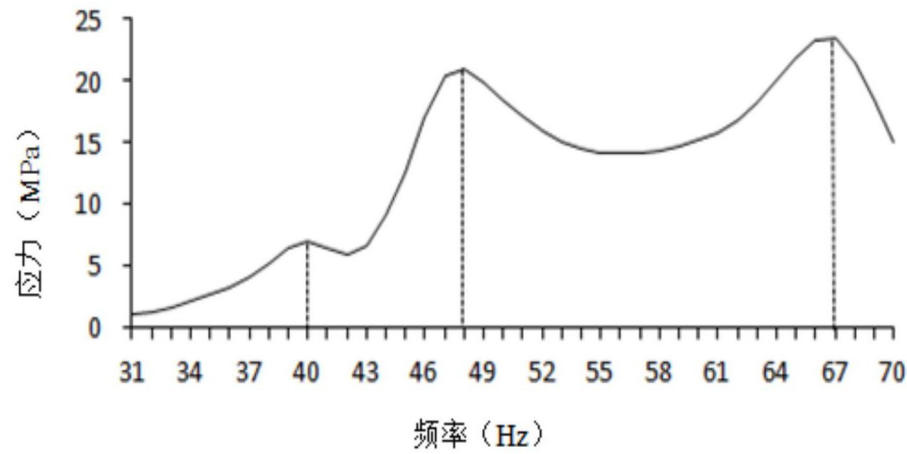


图4

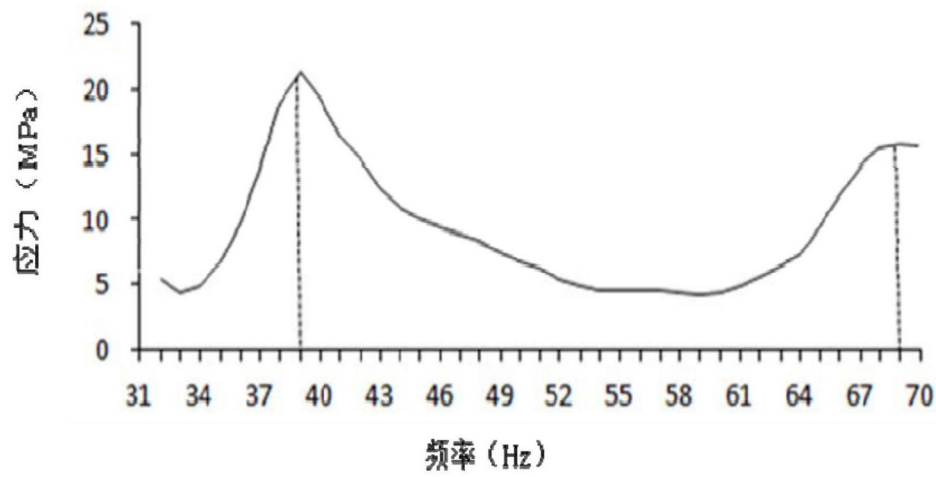


图5

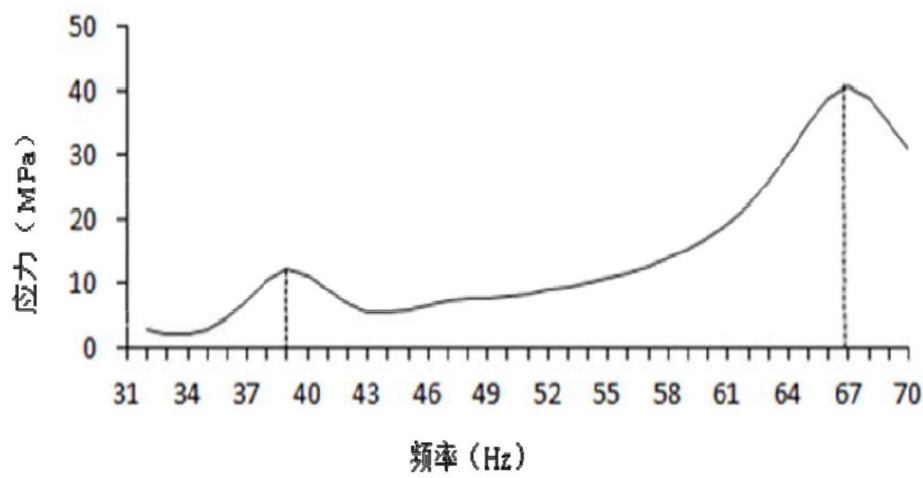


图6

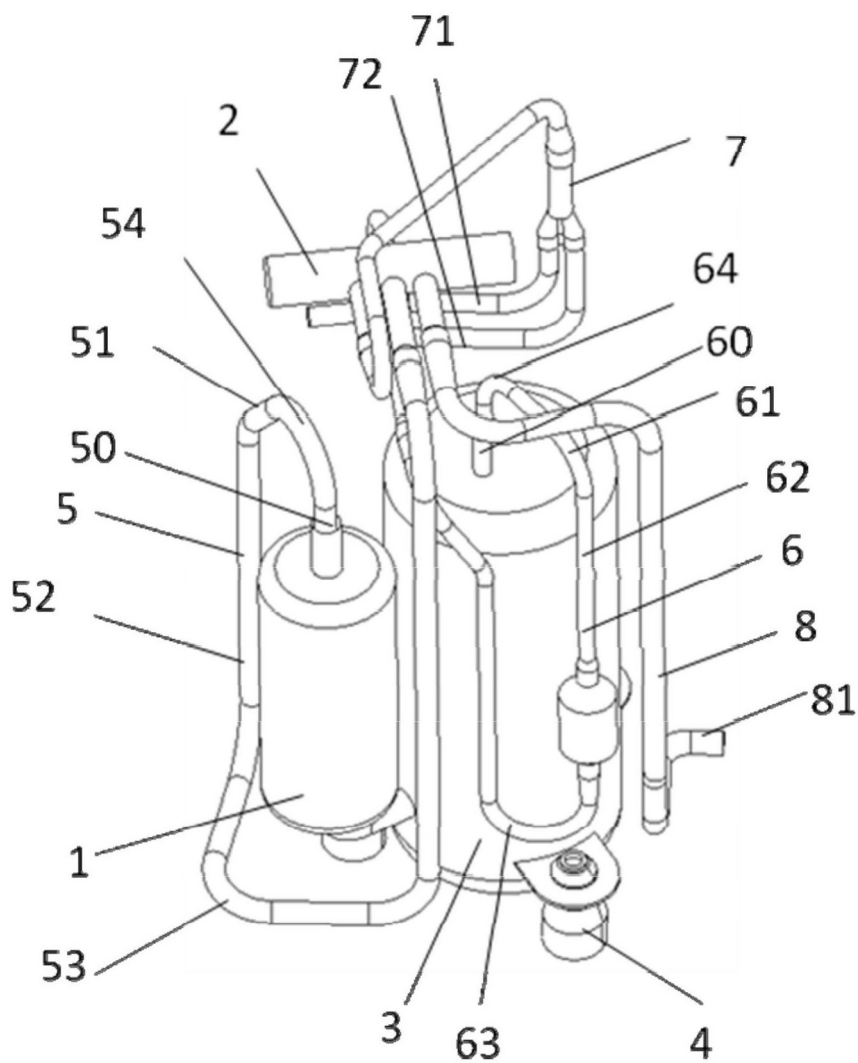


图7

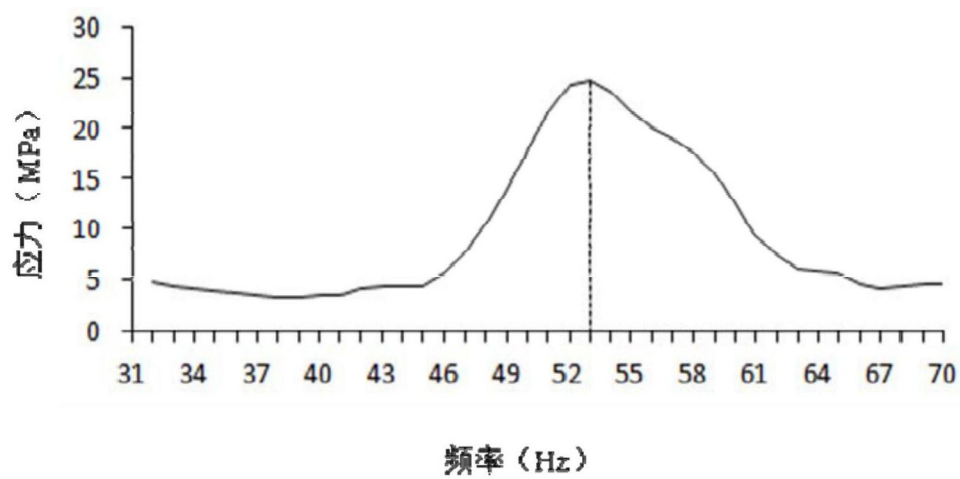


图8

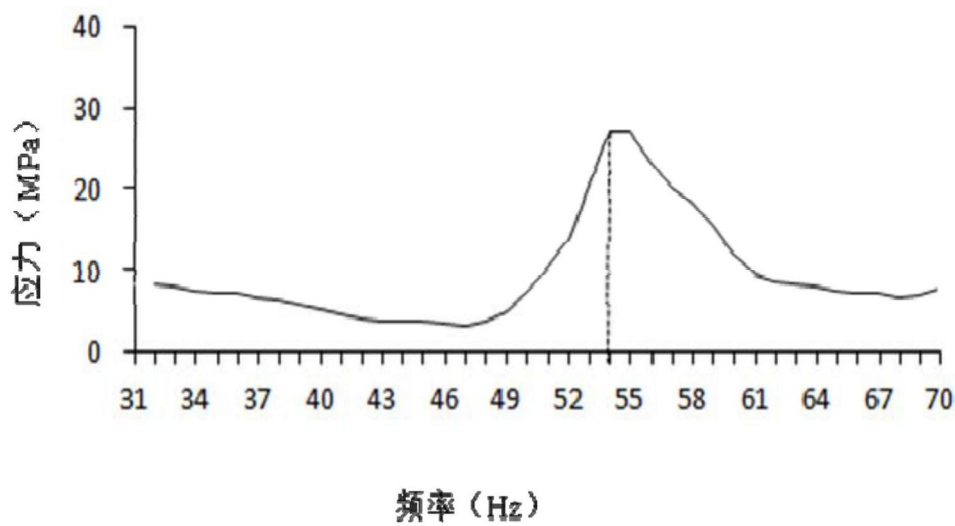


图9

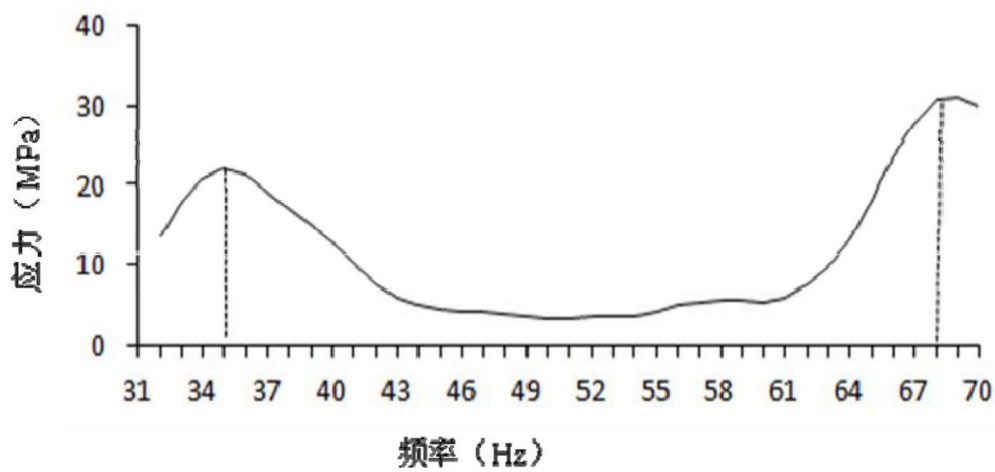


图10

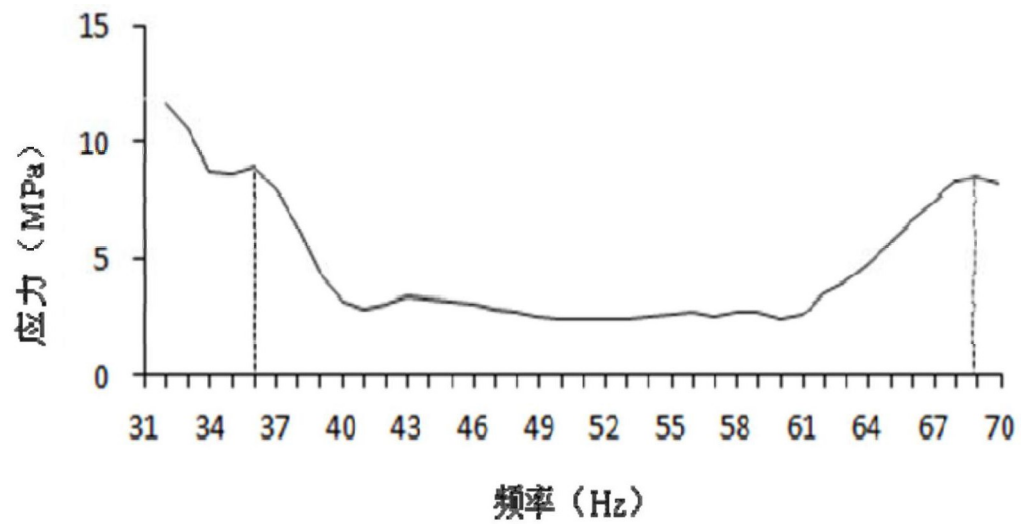


图11