



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112648024 A

(43) 申请公布日 2021.04.13

(21) 申请号 202011638336.2

F01D 25/00 (2006.01)

(22) 申请日 2020.12.31

G06F 30/20 (2020.01)

(71) 申请人 哈尔滨汽轮机厂有限责任公司

地址 150046 黑龙江省哈尔滨市香坊区三大动力路345号

(72) 发明人 马义良 郭魁俊 李绪瑞 关淳 翁振宇 李宇峰 潘劲平 初世明 田宇 张迪 张远 刘洋 武芷茫 李央

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所 23109

代理人 刘强

(51) Int. Cl.

F01D 21/00 (2006.01)

F01D 21/14 (2006.01)

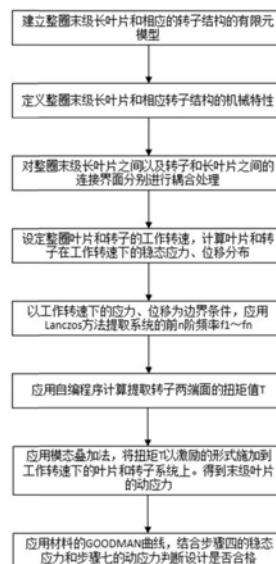
权利要求书1页 说明书3页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于有限元的汽轮机末级长叶片扭振动应力获取方法

(57) 摘要

一种基于有限元的汽轮机末级长叶片扭振动应力获取方法,涉及汽轮机设计领域,针对现有技术得到的动应力值不能对汽轮机末级叶片在轴系受到扭振时的安全性进行预测的问题,由于轴系在电网瞬态不平衡时的扭矩值T与扭振引起的长叶片动应力分布紧密相关,因此本发明对整圈叶片和相应的转子结构在工作转速下的受力进行有限元求解;得到各节点的应力-应变分布值,利用Lanczos方法提取系统的前n阶频率f1~fn;将轴系在电网瞬态不平衡时的扭矩值T作为激励施加在系统上,应用模态叠加法,得到末级长叶片的动应力值。这种计算方法得到的动应力值可以对汽轮机末级叶片在轴系受到扭振时的安全性进行预测,从而避免了事故的发生。



1. 一种基于有限元的汽轮机末级长叶片扭振动应力获取方法,其特征在于包括以下步骤:

步骤一:建立整圈末级长叶片及相应转子结构的有限元模型;

步骤二:定义有限元模型中整圈末级长叶片及相应转子结构的机械特性;

步骤三:对定义后的整圈末级长叶片之间以及相应转子和整圈末级长叶片之间的连接界面分别进行耦合处理;

步骤四:对耦合处理后的整圈末级长叶片及相应转子设定工作转速,然后计算整圈末级长叶片及相应转子在工作转速下的稳态应力及位移分布;

步骤五:根据整圈末级长叶片及相应转子工作转速下的稳态应力及位移分布得到整圈末级长叶片及相应转子工作转速下的应力和位移,以工作转速下的应力和位移为边界条件提取前 n 阶频率 $f_1 \sim f_n$;

步骤六:提取转子两端面的扭矩值 T_1 和 T_2 ;

步骤七:根据前 n 阶频率 $f_1 \sim f_n$,将转子两端面的扭矩值 T_1 和 T_2 以激励的形式施加到工作转速下的叶片和转子系统上,得到末级叶片的动应力。

2. 根据权利要求1所述的一种基于有限元的汽轮机末级长叶片扭振动应力获取方法,其特征在于:所述机械特性包括阻尼特性和弹性模量。

3. 根据权利要求1所述的一种基于有限元的汽轮机末级长叶片扭振动应力获取方法,其特征在于:所述步骤五中利用Lanczos方法提取前 n 阶频率 $f_1 \sim f_n$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种基于有限元的汽轮机末级长叶片扭振动应力获取方法,其特征在于:所述步骤七中根据前 n 阶频率 $f_1 \sim f_n$,将扭矩 T_1 和 T_2 以激励的形式施加到工作转速下的叶片和转子系统上通过模态叠加法进行。

5. 根据权利要求1所述的一种基于有限元的汽轮机末级长叶片扭振动应力获取方法,其特征在于所述方法还包括动应力检测步骤,所述检测步骤为:

根据末级长叶片材料得到GOODMAN曲线,并结合步骤四得到的稳态应力和步骤七得到的动应力判断是否合格。

6. 根据权利要求5所述的一种基于有限元的汽轮机末级长叶片扭振动应力获取方法,其特征在于:所述检测步骤的具体步骤为:

定义步骤四中得到的稳态应力为 $\sigma_{静}$,步骤七中得到的动应力为 $\sigma_{动}$,根据末级长叶片材料得到GOODMAN曲线,在GOODMAN曲线上先找横坐标值为 $\sigma_{静}$ 的位置,通过 $\sigma_{静}$ 的值,确定纵坐标的耐振强度 $\sigma_{振}$,判断 $\sigma_{动}$ 与 $\sigma_{振}$ 的大小,当 $\sigma_{动} > \sigma_{振}$ 时,判定为不合格;当 $\sigma_{动} < \sigma_{振}$ 时,判定为合格。

一种基于有限元的汽轮机末级长叶片扭振动应力获取方法

技术领域

[0001] 本发明涉及汽轮机设计领域,具体为一种基于有限元的汽轮机末级长叶片扭振动应力获取方法。

背景技术

[0002] 汽轮发电机组的轴系由多个转子组成,动叶片按照一定的规律整圈安装在转子上。随着汽轮机功率的增加,蒸汽初参数的提高,轴系的转子数增多,轴系也变得相对细长,汽轮机末级叶片也越来越长。目前火电全转速机组的末级长叶片已达到1.2米以上,核电半转速的末级长叶片已达到1.8米以上。当电网不平衡时在交变扭矩的作用下轴系可能发生扭转共振而在叶片上产生很大的动应力,造成汽轮机叶片的断裂飞脱,进而在轴系上产生非常大的不平衡力,使得事故扩大甚至机组毁坏,造成更大的损失。

[0003] 目前国内外的汽轮机制造厂都进行了末级长叶片扭振频率计算,并规定了许可的安全频率范围。但是这种方法并不能得到叶片在扭振时的叶身动应力,根据理论可知,叶片的振动损坏,本质原因是损坏部位的动应力超过了叶片材料的耐振强度,因此保证叶片的动应力在耐振强度范围内就重要的多了。

发明内容

[0004] 本发明的目的是:针对现有技术得到的动应力值不能对汽轮机末级叶片在轴系受到扭振时的安全性进行预测的问题,提出一种基于有限元的汽轮机末级长叶片扭振动应力获取方法。

[0005] 本发明为了解决上述技术问题采取的技术方案是:

[0006] 一种基于有限元的汽轮机末级长叶片扭振动应力获取方法,包括以下步骤:

[0007] 步骤一:建立整圈末级长叶片及相应转子结构的有限元模型;

[0008] 步骤二:定义有限元模型中整圈末级长叶片及相应转子结构的机械特性;

[0009] 步骤三:对定义后的整圈末级长叶片之间以及相应转子和整圈末级长叶片之间的连接界面分别进行耦合处理;

[0010] 步骤四:对耦合处理后的整圈末级长叶片及相应转子设定工作转速,然后计算整圈末级长叶片及相应转子在工作转速下的稳态应力及位移分布;

[0011] 步骤五:根据整圈末级长叶片及相应转子工作转速下的稳态应力及位移分布得到整圈末级长叶片及相应转子工作转速下的应力和位移,以工作转速下的应力和位移为边界条件提取前 n 阶频率 $f_1 \sim f_n$;

[0012] 步骤六:提取转子两端面的扭矩值 T_1 和 T_2 ;

[0013] 步骤七:根据前 n 阶频率 $f_1 \sim f_n$,将转子两端面的扭矩值 T_1 和 T_2 以激励的形式施加到工作转速下的叶片和转子系统上,得到末级叶片的动应力。

[0014] 进一步的,所述机械特性包括阻尼特性和弹性模量。

[0015] 进一步的,所述步骤五中利用Lanczos方法提取前 n 阶频率 $f_1 \sim f_n$ 。

[0016] 进一步的,所述步骤七中根据前n阶频率 $f_1 \sim f_n$,将扭矩T1和T2以激励的形式施加到工作转速下的叶片和转子系统上通过模态叠加法进行。

[0017] 进一步的,所述方法还包括动应力检测步骤,所述检测步骤为:

[0018] 根据末级长叶片材料得到GOODMAN曲线,并结合步骤四得到的稳态应力和步骤七得到的动应力判断是否合格。

[0019] 进一步的,所述检测步骤的具体步骤为:

[0020] 定义步骤四中得到的稳态应力为 $\sigma_{静}$,步骤七中得到的动应力为 $\sigma_{动}$,根据末级长叶片材料得到GOODMAN曲线,在GOODMAN曲线上先找横坐标值为 $\sigma_{静}$ 的位置,通过 $\sigma_{静}$ 的值,确定纵坐标的耐振强度 $\sigma_{振}$,判断 $\sigma_{动}$ 与 $\sigma_{振}$ 的大小,当 $\sigma_{动} > \sigma_{振}$ 时,判定为不合格;当 $\sigma_{动} < \sigma_{振}$ 时,判定为合格。

[0021] 本发明的有益效果是:

[0022] 本发明提出的一种基于有限元的汽轮机末级长叶片扭振动应力获取方法能够对长叶片在轴系扭振作用下的动应力进行准确求解,为今后的汽轮机末级长叶片设计提供数据基础,从而为设计工程师提供指导。由于轴系在电网瞬态不平衡时的扭矩值T与扭振引起的长叶片动应力分布紧密相关,因此本发明对整圈叶片和相应的转子结构在工作转速下的受力进行有限元求解;得到各节点的应力-应变分布值,利用Lanczos方法提取系统的前n阶频率 $f_1 \sim f_n$;将轴系在电网瞬态不平衡时的扭矩值T作为激励施加在系统上,应用模态叠加法,得到末级长叶片的动应力值。这种计算方法得到的动应力值可以对汽轮机末级叶片在轴系受到扭振时的安全性进行预测,从而避免了事故的发生。

附图说明

[0023] 图1为本发明的流程图;

[0024] 图2为整圈叶片和转子结构在工作转速下的应力分布云图;

[0025] 图3为整圈叶片和转子结构的有限元模型图,其中1为转子模型,2为整圈叶片模型,3为1和2模型的组合;

[0026] 图4为应用自编程序计算得到的转子两端面的扭矩T1示意图;

[0027] 图5为应用自编程序计算得到的转子两端面的扭矩T2示意图;

[0028] 图6为某一时刻的动应力分布云图;

[0029] 图7为某一位置随扭矩历程而得到的动应力响应曲线图。

具体实施方式

[0030] 需要特别说明的是,在不冲突的情况下,本申请公开的各个实施方式之间可以相互组合。

[0031] 具体实施方式一:参照图1具体说明本实施方式,本实施方式所述的一种基于有限元的汽轮机末级长叶片扭振动应力获取方法,包括:

[0032] 步骤一:建立整圈末级长叶片及相应转子结构的有限元模型;

[0033] 步骤二:定义有限元模型中整圈末级长叶片及相应转子结构的机械特性;

[0034] 步骤三:对定义后的整圈末级长叶片之间以及相应转子和整圈末级长叶片之间的连接界面分别进行耦合处理;

[0035] 步骤四:对耦合处理后的整圈末级长叶片及相应转子设定工作转速,然后计算整圈末级长叶片及相应转子在工作转速下的稳态应力及位移分布;

[0036] 步骤五:根据整圈末级长叶片及相应转子工作转速下的稳态应力及位移分布得到整圈末级长叶片及相应转子工作转速下的应力和位移,以工作转速下的应力和位移为边界条件提取前 n 阶频率 $f_1 \sim f_n$;

[0037] 步骤六:提取转子两端面的扭矩值 T_1 和 T_2 ;

[0038] 步骤七:根据前 n 阶频率 $f_1 \sim f_n$,将转子两端面的扭矩值 T_1 和 T_2 以激励的形式施加到工作转速下的叶片和转子系统上,得到末级叶片的动应力。

[0039] 具体实施方式二:本实施方式是对具体实施方式一的进一步说明,本实施方式与具体实施方式一的区别是所述机械特性包括阻尼特性和弹性模量。

[0040] 具体实施方式三:本实施方式是对具体实施方式一的进一步说明,本实施方式与具体实施方式一的区别是所述步骤五中利用Lanczos方法提取前 n 阶频率 $f_1 \sim f_n$ 。

[0041] 具体实施方式四:本实施方式是对具体实施方式一的进一步说明,本实施方式与具体实施方式一的区别是所述步骤七中根据前 n 阶频率 $f_1 \sim f_n$,将扭矩 T_1 和 T_2 以激励的形式施加到工作转速下的叶片和转子系统上通过模态叠加法进行。

[0042] 具体实施方式五:本实施方式是对具体实施方式一的进一步说明,本实施方式与具体实施方式一的区别是所述方法还包括动应力检测步骤,所述检测步骤为:

[0043] 根据末级长叶片材料得到GOODMAN曲线,并结合步骤四得到的稳态应力和步骤七得到的动应力判断是否合格。

[0044] 具体实施方式六:本实施方式是对具体实施方式五的进一步说明,本实施方式与具体实施方式五的区别是所述步骤八的具体步骤为:

[0045] 定义步骤四中得到的稳态应力为 $\sigma_{\text{静}}$,步骤七中得到的动应力为 $\sigma_{\text{动}}$,根据末级长叶片材料得到GOODMAN曲线,在GOODMAN曲线上先找横坐标值为 $\sigma_{\text{静}}$ 的位置,通过 $\sigma_{\text{静}}$ 的值,确定纵坐标的耐振强度 $\sigma_{\text{振}}$,判断 $\sigma_{\text{动}}$ 与 $\sigma_{\text{振}}$ 的大小,当 $\sigma_{\text{动}} > \sigma_{\text{振}}$ 时,判定为不合格;当 $\sigma_{\text{动}} < \sigma_{\text{振}}$ 时,判定为合格。

[0046] 需要注意的是,具体实施方式仅仅是对本发明技术方案的解释和说明,不能以此限定权利保护范围。凡根据本发明权利要求书和说明书所做的仅仅是局部改变的,仍应落入本发明的保护范围内。

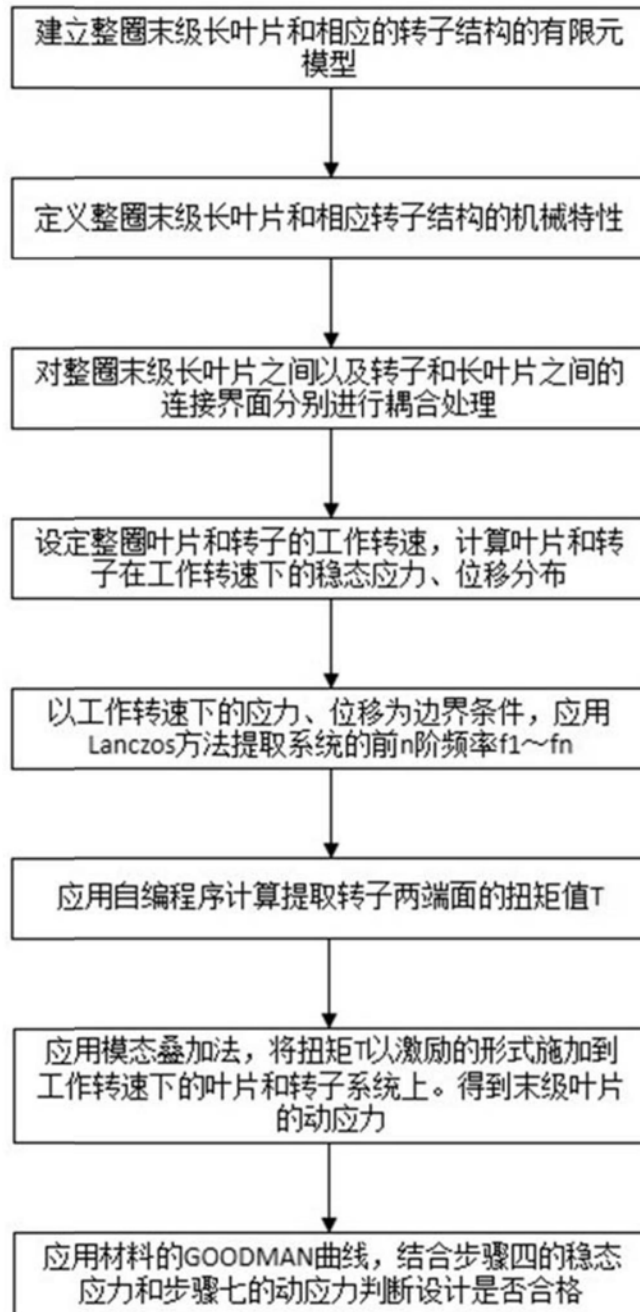


图1



图2

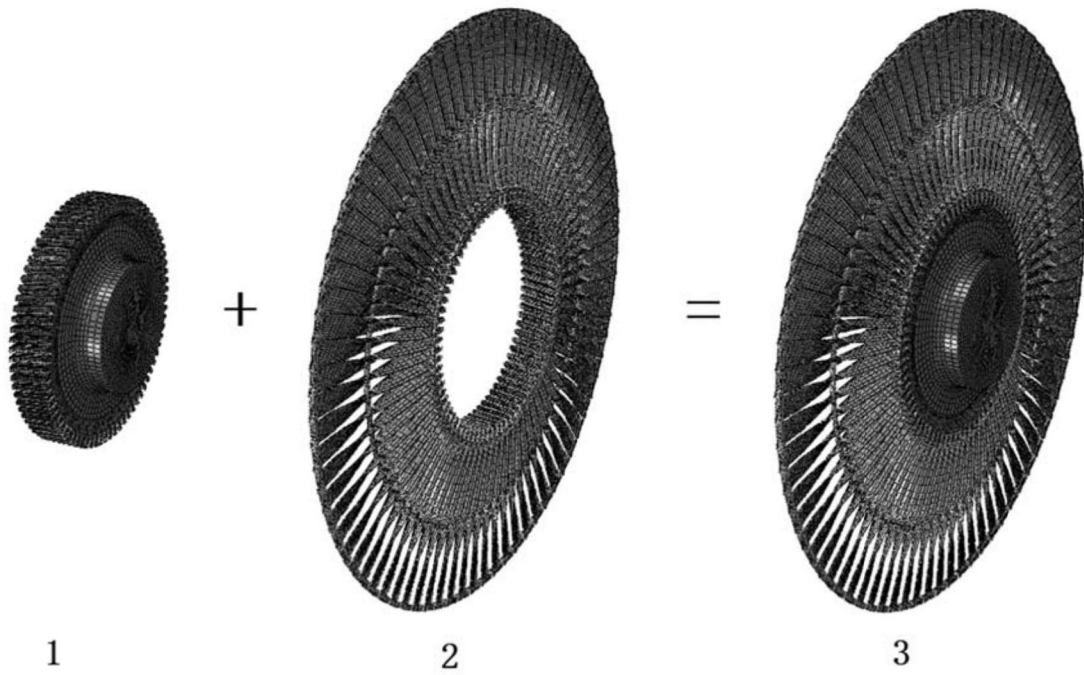


图3

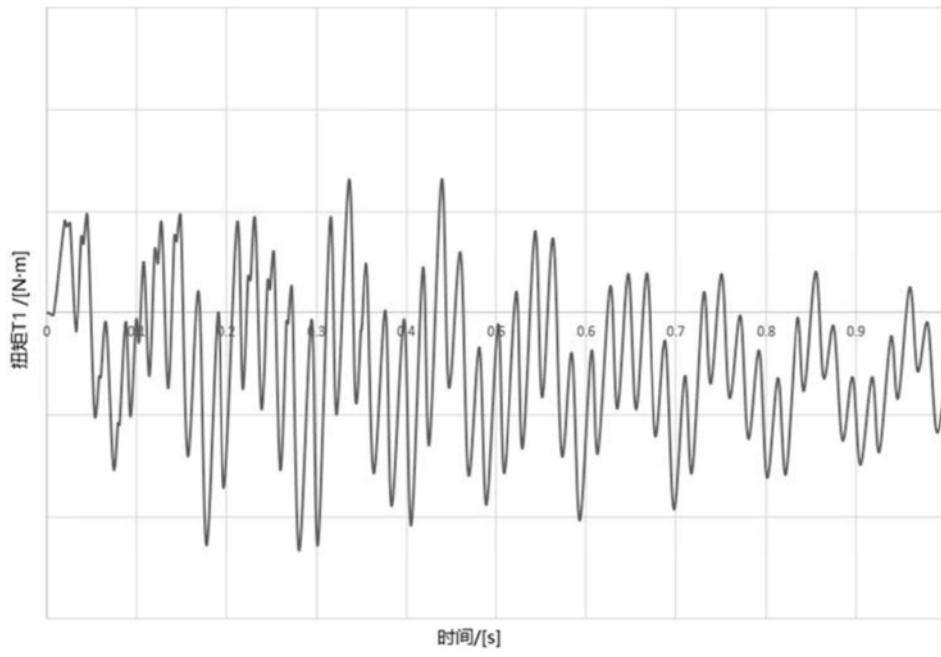


图4

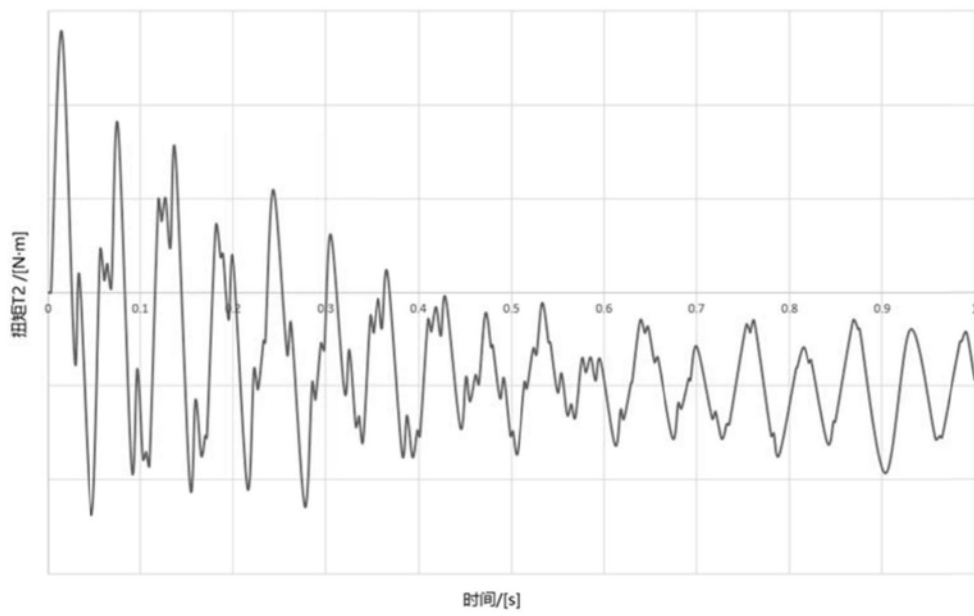


图5



图6

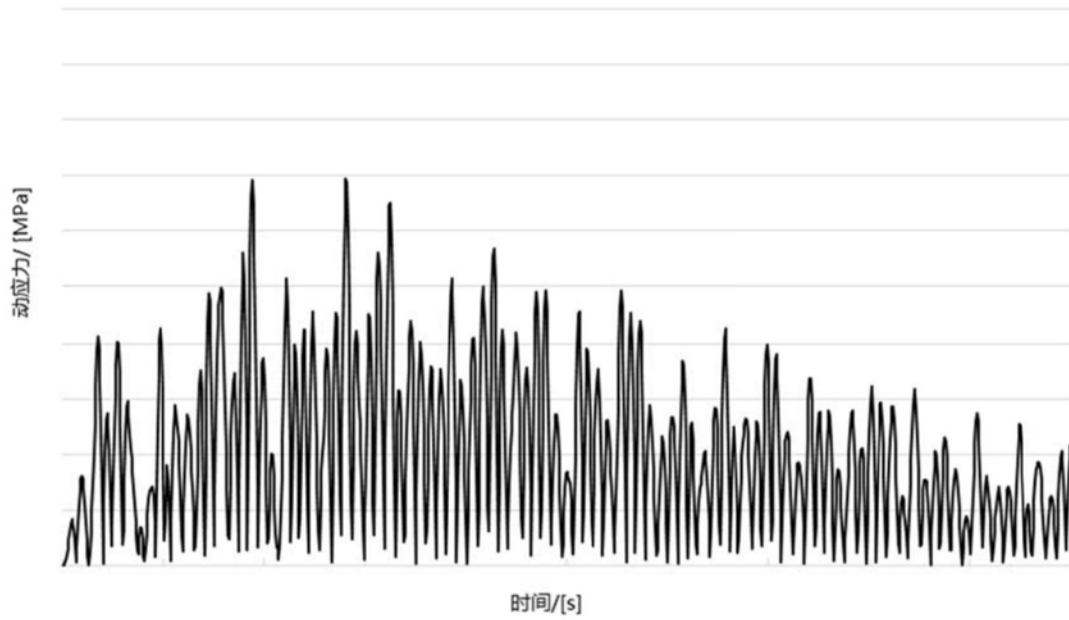


图7