



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107367432 A

(43)申请公布日 2017. 11. 21

(21)申请号 201710675386.X

(22)申请日 2017.08.09

(71)申请人 广州特种承压设备检测研究院

地址 510663 广东省广州市萝岗区科研路9号

(72)发明人 李茂东 杨波 黄国家 陈国华
杨毅 翟伟 丁金森 张双红
王志刚 黄晓之

(74)专利代理机构 广州骏思知识产权代理有限公司 44425

代理人 吴静芝

(51)Int.Cl.

G01N 3/36(2006.01)

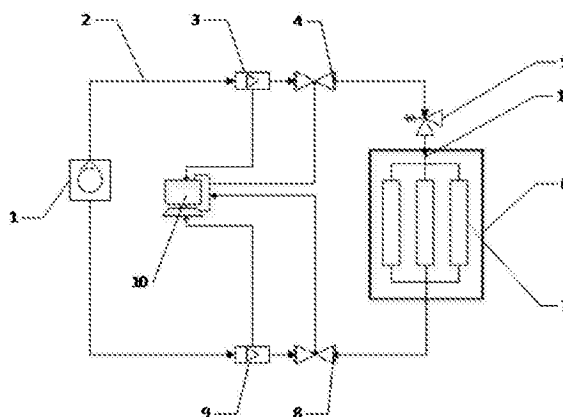
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种波动压力下PE管道的老化试验装置及寿命预测方法

(57)摘要

本发明涉及一种波动压力下PE管道的老化试验装置,通过供压装置提供整个管路的气体载荷,通过压力传感器、电动控制阀和中枢控制器共同作用对管路内的气压进行调节,重复注压泄压过程,形成疲劳循环载荷,并通过老化装置使试验管段老化,这种装置改变了以往单因素老化的研究,将多种环境应力结合在一起,形成了一种模拟城市天然气管道实际工况的实验室环境。本发明还涉及一种波动压力下PE管道的老化寿命预测方法,经过特定的周期取出老化的管道样品,进行力学性能以及理化性能的测试,得到相关数据,用以测量任意环境温度以及任意管道的老化性能变化,相比于以往的方法,具有简单、高效、成本低的优点。



1. 一种波动压力下PE管道的老化试验装置,其特征在于:包括供压装置、第一管路、第二管路、老化装置和调压装置,所述供压装置和老化装置通过第一管路和第二管路连接形成循环回路,试验管段置于所述老化装置内;所述调压装置包括第一压力传感器、第一电动控制阀、第二压力传感器、第二电动控制阀和中枢控制器,所述第一压力传感器和第一电动控制阀设于第一管路上,所述第二压力传感器和第二电动控制阀设于第二管路上,所述中枢控制器分别与第一压力传感器、第一电动控制阀、第二压力传感器、第二电动控制阀电连接,所述中枢控制器接收第一压力传感器的信号以控制第一电动控制阀的开闭,所述中枢控制器接收第二压力传感器的信号以控制第二电动控制阀的开闭。

2. 根据权利要求1所述的老化试验装置,其特征在于:所述第一管路上还设有减压阀,所述减压阀与老化装置相连。

3. 根据权利要求1所述的老化试验装置,其特征在于:所述老化装置内还设有卡具,所述卡具包括卡具箍环和卡具封头;所述卡具箍环内设有密封项圈;所述卡具封头设有开孔。

4. 根据权利要求1所述的老化试验装置,其特征在于:所述第一管路、第二管路与老化装置之间设有密封环。

5. 根据权利要求1所述的老化试验装置,其特征在于:所述老化装置为烘箱;所述供压装置为压缩机。

6. 根据权利要求1所述的老化试验装置,其特征在于:所述中枢控制器为PLC控制器。

7. 一种波动压力下PE管道的老化寿命预测方法,该老化寿命预测方法基于权利要求1所述的老化试验装置,其特征在于:包括以下步骤:

S1:在波动压力以及温度为 T_i 的条件下,对试样进行老化试验;

S2:老化试验结束后,测量 T_i 温度下试样的断裂伸长率 δ_i ;

S3:以试样的断裂伸长率 δ_i 的50%作为试样材料的寿命终点,计算 T_i 温度下试样的寿命 t_i ;

S4:进行数据处理,获得寿命 t_i 与温度 T_i 的函数关系式,以预测任意温度下的试样材料寿命;

其中, i 的取值1、2、3、 $\dots$ 、 N , N 为试验点数。

8. 根据权利要求7所述的老化寿命预测方法,其特征在于:步骤S1中,所述波动压力按加压-无压周期变化,或正弦波变化,或矩形波变化。

9. 根据权利要求8所述的老化寿命预测方法,其特征在于:所述加压-无压周期变化的时间比为1:1~1:3。

10. 根据权利要求7所述的老化寿命预测方法,其特征在于:步骤S4中,利用阿雷尼乌斯方程 $\ln t_i = A + B/T_i$,对数据进行处理,令 $\ln t_i = y_i$, $1/T_i = x_i$,斜率 B 的计算公式为:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i - \sum_{i=1}^N x_i \cdot \sum_{i=1}^N y_i / N}{\sum_{i=1}^N x_i^2 - (\sum_{i=1}^N x_i)^2 / N}$$
,截距 A 的计算公式为:
$$A = \frac{\sum_{i=1}^N y_i - B \sum_{i=1}^N x_i}{N}$$
;从而获得寿命与温度的函数关系式。

一种波动压力下PE管道的老化试验装置及寿命预测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及PE管道检测技术领域,尤其涉及一种波动压力下PE管道的老化试验装置及寿命预测方法。

背景技术

[0002] 聚乙烯(PE)是一种在输气、给水领域被广泛应用的高分子聚合物,具有很好的力学性能和优良的耐腐蚀性能,目前,在我国进入“以塑代钢”的大形势下,已被大量的投入到生产应用中。但是,在聚乙烯(PE)管道的安装使用之中,难免会有因为腐蚀、微生物分解、热氧老化以及第三方施工原因造成的破坏,其中老化失效问题尤为值得注意,然而在近年的老化研究之中,常常忽略实际工况下输气时波动的气体载荷对于管道造成的疲劳作用,导致研究结果与实际情况有较大偏差。因此,有必要开发一种更加符合实际工况的管道老化试验装置及寿命预测方法。

发明内容

[0003] 基于此,本发明的目的在于,提供一种波动压力下PE管道的老化试验装置,该装置将多种环境因素结合在一起,更加符合实际工况。

[0004] 本发明的另一目的在于,提供一种波动压力下PE管道的老化寿命预测方法,通过该方法预测PE管道的寿命,为工程使用提供理论参考。

[0005] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:一种波动压力下PE管道的老化试验装置,包括供压装置、第一管路、第二管路、老化装置和调压装置,所述供压装置和老化装置通过第一管路和第二管路连接形成循环回路,试验管段置于所述老化装置内;所述调压装置包括第一压力传感器、第一电动控制阀、第二压力传感器、第二电动控制阀和中枢控制器,所述第一压力传感器和第一电动控制阀设于第一管路上,所述第二压力传感器和第二电动控制阀设于第二管路上,所述中枢控制器分别与第一压力传感器、第一电动控制阀、第二压力传感器、第二电动控制阀电连接,所述中枢控制器接收第一压力传感器的信号以控制第一电动控制阀的开闭,所述中枢控制器接收第二压力传感器的信号以控制第二电动控制阀的开闭。

[0006] 相对于现有技术,本发明通过供压装置提供整个管路的气体载荷,通过压力传感器、电动控制阀和中枢控制器共同作用对管路内的气压进行调节,重复注压泄压过程,形成疲劳循环载荷,并通过老化装置使试验管段老化,从而提供了一种波动压力下的管道老化试验装置,这种装置改变了以往单因素老化的研究,将多种环境应力结合在一起,形成了一种模拟城市天然气管道实际工况的实验室环境,更加适用于实际情况。

[0007] 进一步,所述第一管路上还设有减压阀,所述减压阀与老化装置相连。减压阀作为安全装置,起到控制管路内的压力不超过预设值的作用,防止内部气压激增带来的安全隐患。

[0008] 进一步,所述老化装置内还设有卡具,所述卡具包括卡具箍环和卡具封头;所述卡

具箍环内设有密封项圈；所述卡具封头设有开孔。卡具箍环用以与试验管段紧密配合连接，卡具封头设有开孔用以配合连接管路输气泄压需要。

[0009] 进一步，所述第一管路、第二管路与老化装置之间设有密封环。密封环用以保证管路与老化装置之间的密封性能以及老化装置内的环境恒定。

[0010] 进一步，所述老化装置为烘箱。烘箱起到加热作用，提供高温环境应力，使试验管段老化。

[0011] 进一步，所述供压装置为压缩机。压缩机作为气体发生装置，为管路提供气体载荷，同时也作为抽气装置，保证管路内气体载荷在一定范围内波动。

[0012] 进一步，所述中枢控制器为PLC控制器。通过PLC编程设定各参数值，根据压力传感器的反馈信号控制管路内的压力变化。

[0013] 本发明还提供了一种波动压力下PE管道的老化寿命预测方法，该方法基于本发明所述的老化试验装置，包括以下步骤：

[0014] S1：在波动压力以及温度为 T_i 的条件下，对试样进行老化试验；

[0015] S2：老化试验结束后，测量 T_i 温度下试样的断裂伸长率 δ_i ；

[0016] S3：以试样的断裂伸长率 δ_i 的50%作为试样材料的寿命终点，计算 T_i 温度下试样的寿命 t_i ；

[0017] S4：进行数据处理，获得寿命 t_i 与温度 T_i 的函数关系式，以预测任意温度下的试样材料寿命；

[0018] 其中， i 的取值1、2、3、...、 N ， N 为试验点数。

[0019] 相对于现有技术，本发明在波动压力下对管道进行老化寿命预测，由于输气时波动的气体对于管道会产生疲劳作用，因此本发明在通过波动压力对管道形成疲劳载荷的情况下进行老化试验更加符合实际工况；且，通过本发明的老化寿命预测方法获得的寿命与温度的函数关系式，可以对任意温度下的材料寿命进行预测，具有简单、高效、成本低的优点。

[0020] 进一步，步骤S1中，所述波动压力按加压-无压周期变化，或正弦波变化，或矩形波变化。

[0021] 进一步，所述加压-无压周期变化的时间比为1:1~1:3。

[0022] 进一步，步骤S4中，利用阿雷尼乌斯方程 $\ln t_i = A + B/T_i$ ，对数据进行处理，令 $\ln t_i = y_i$ ， $1/T_i = x_i$ ，斜率 B 的计算公式为：

$$B = \frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i - \sum_{i=1}^N x_i \cdot \sum_{i=1}^N y_i / N}{\sum_{i=1}^N x_i^2 - (\sum_{i=1}^N x_i)^2 / N}$$

$$A = \frac{\sum_{i=1}^N y_i - B \sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

从而获得寿命与温度的函数关系式。

[0023] 为了更好地理解和实施，下面结合附图详细说明本发明。

附图说明

[0024] 图1为实施例的一种波动压力下PE管道的老化试验装置的结构示意图。

[0025] 图2为实施例的卡具结构示意图。

[0026] 图3为实施例的加压-无压时间比为1:1情况下的材料性能老化图。

[0027] 图4为实施例的加压-无压时间比为1:3情况下的材料性能老化图。

具体实施方式

[0028] 请参阅图1,其为本实施例的一种波动压力下PE管道的老化试验装置的结构示意图。该老化试验装置包括压缩机1、管路2、烘箱6、第一压力传感器4、第一电动控制阀3、第二压力传感器8、第二电动控制阀9、中枢控制器10和减压阀5。

[0029] 压缩机1和烘箱6通过管路2连接形成循环回路,试验管段7置于烘箱6内。

[0030] 具体的,压缩机1作为气体发生装置,为管路提供气体载荷,同时也作为抽气装置,保证管路内气体载荷在一定范围内波动。烘箱6起到加热作用,提供高温环境应力,使试验管段7老化。管路2与烘箱6之间由密封环紧密配合以保证密封性能,并且保证烘箱6内温度环境恒定。

[0031] 进一步地,烘箱6内还设有卡具11,用于夹持试验管段7。卡具11耐高温,保证在高温下,卡具11和试验管段之间产生的形变应力不影响实验顺利进行。本实施例中,卡具11具有九个分支,用于夹持多个平行试样,保证实验数据的科学性。请参阅图2,其为卡具11的结构示意图。具体的,卡具11包括卡具箍环13和卡具封头12,卡具箍环13用以与试验管段7紧密配合连接,其内设有密封项圈,保证良好的密封性能;卡具封头12设有开孔,用以配合连接管路输气泄压需要。

[0032] 管路2包括第一管路和第二管路,第一压力传感器4和第一电动控制阀3设于第一管路上,第二压力传感器8和第二电动控制阀9设于第二管路上,中枢控制器10分别与第一压力传感器4、第一电动控制阀3、第二压力传感器8、第二电动控制阀9电连接。

[0033] 具体的,第一压力传感器4和第二压力传感器8用于监测管路内部的气压,并将气压信号转换为电信号,然后传输至中枢控制器10。中枢控制器10接收到来自第一压力传感器4的信号时,对第一电动控制阀3做出调节,控制第一电动控制阀3的开闭;中枢控制器10接收到来自第二压力传感器8的信号时,对第二电动控制阀9做出调节,控制第二电动控制阀9的开闭。本实施例中,中枢控制器10由PLC编程实现,设定各参数值,当管内压力变化达到阈值,中枢控制器10接收到来自压力传感器的反馈信号,控制电动控制阀的开闭,为试验管段充放压,控制管路内的压力在一定范围内变化。

[0034] 减压阀5设于第一管路上,与烘箱6相连。具体的,减压阀5通过高温密封橡胶进行密封,起到控制管路内的压力不超过预设值的作用,防止内部气压激增带来的安全隐患,同时保障实验人员的安全。

[0035] 本实施例的工作原理是:压缩机1作为动力装置通过管路2把气体载荷输送到整个PE管道的老化试验装置中,提供整个管路的气体载荷;中枢控制器10与第一压力传感器4、第一电动控制阀3、第二压力传感器8、第二电动控制阀9共同构成调压系统,在检测到管内压力变化达到阈值时,控制第一电动控制阀3打开,进行输压,或者,控制第二电动控制阀9打开,进行泄压。具体的,第二电动控制阀9初始状态关闭,试验管段7内气体充压,达到标定压力时,第一电动控制阀3与压缩机1关闭,形成稳定载荷,在中枢控制器10控制下维系一段时间;然后通过控制第二电动控制阀9泄压,中枢控制器10内设有循环程序,形成疲劳循环载荷;通过老化烘箱6加热,形成高温环境应力,对试验管段7进行老化。

[0036] 相对于现有技术,本发明通过供压装置提供整个管路的气体载荷,通过压力传感器、电动控制阀和中枢控制器共同作用对管路内的气压进行调节,重复注压泄压过程,形成

疲劳循环载荷,并通过老化装置使试验管段老化,从而提供了一种波动压力下的管道老化试验装置,这种装置改变了以往单因素老化的研究,将多种环境应力结合在一起,形成了一种模拟城市天然气管道实际工况的实验室环境,更加适用于实际情况。

[0037] 基于上述老化试验装置,本实施例还提供了一种波动压力下PE管道的老化寿命预测方法,在波动压力下、以及在不同的温度下,分三个时间点取出三组平行的试验管段,对其进行力学性能以及理化性能的测试,具体包括以下步骤:

[0038] 步骤一:在每个温度下,放置三组试样,对应三个取样时间点,且每组试样包括三个平行试样;

[0039] 步骤二:分别在三个取样时间点取出试样,测量其断裂伸长率,并且在每组三个平行试样中取平均,分别得到 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 ,以及其他相关理化性能;

[0040] 步骤三:分别以每组断裂伸长率的50%作为试样材料寿命的终点,做出寿命与断裂伸长率的回归曲线,预测每个温度下的寿命终点 t_1 、 t_2 、 t_3 ;

[0041] 步骤四:每个温度对应的寿命终点如下表所示:

[0042]

温度(°C)	T_1	T_2	T_3
寿命(h)	t_1	t_2	t_3

[0043] 利用阿雷尼乌斯方程 $\ln t = A + B/T$,对上述数据进行处理,令 $\ln t = y$, $1/T = x$,斜率B的计算公式为: $B = \frac{\sum_{i=1}^3 x_i y_i - \sum_{i=1}^3 x_i \cdot \sum_{i=1}^3 y_i / 3}{\sum_{i=1}^3 x_i^2 - (\sum_{i=1}^3 x_i)^2 / 3}$,截距A的计算公式为: $A = \frac{\sum_{i=1}^3 y_i - B \sum_{i=1}^3 x_i}{3}$;从而获得寿命与温度的函数关系式,根据该函数关系式可以对任意温度下的试样材料寿命进行预测。

[0044] 相对于现有技术,本发明在波动压力下对管道进行老化寿命预测,由于输气时波动的气体对于管道会产生疲劳作用,因此本发明在通过波动压力对管道形成疲劳载荷的情况下进行老化试验更加符合实际工况;且,通过本发明的老化寿命预测方法获得的寿命与温度的函数关系式,可以对任意温度下的材料寿命进行预测,具有简单、高效、成本低的优点。

[0045] 基于上述老化试验装置,改变试验过程中气体载荷的变化方式,对老化试验结果进行研究,对比如下:

[0046] 对比实验一:恒定温度(80°C)、恒定压力幅值(0.8MPa)下,通过PLC编程控制,使得压力变化按加压-无压周期变化,且时间比例分别按1:1和1:3变化,老化时间为800h,获得试样材料的老化结果。请参阅图3和图4,其分别为加压-无压时间比为1:1和1:3情况下的材料性能老化图。从图中可以看出,两种情况下的力-时间曲线明显不同,最大载荷发生变化,加压-无压时间比为1:1情况下,材料老化得较快。

[0047] 对比实验二:恒定温度(80°C)、恒定压力幅值(0.8MPa)、恒定变化周期(1200s)下,通过PLC编程控制,改变气体载荷加载形式,分别加载正弦波压力与矩形波压力,老化时间为800h,记录最大抗拉强度。结果为正弦波加载形式下,最大抗拉强度为1690N,矩形波加载形式下,最大抗拉强度为1860N。由此可得,正弦波加载形式下,材料老化得较快。

[0048] 以上所述实施例仅表达了本发明的一种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来

说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。

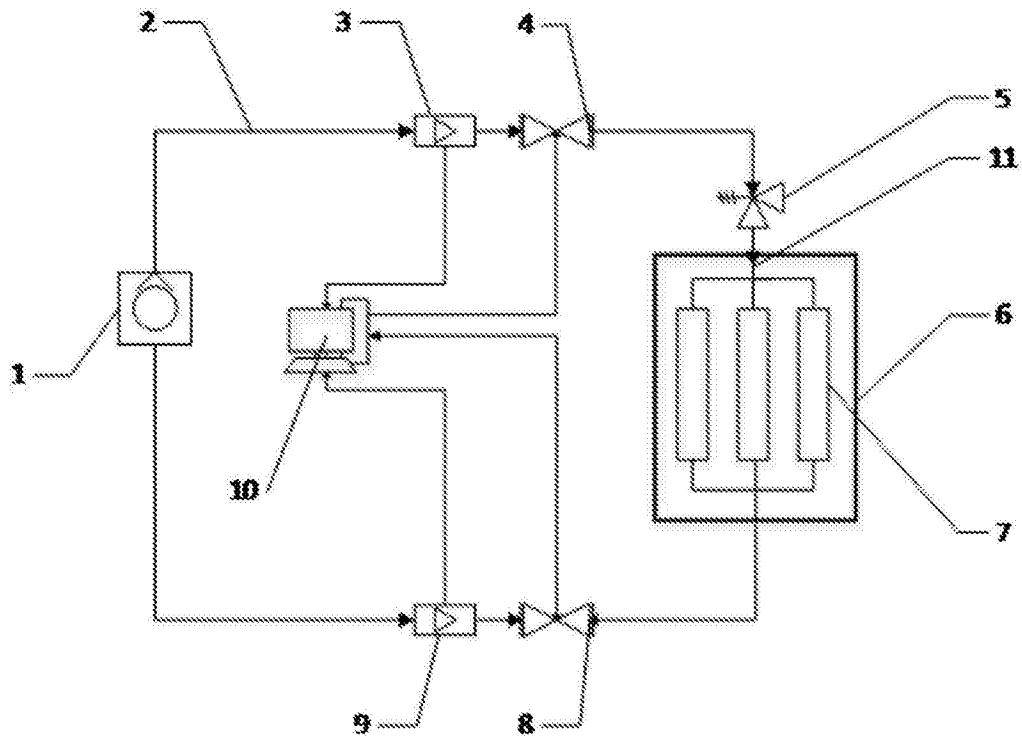


图1

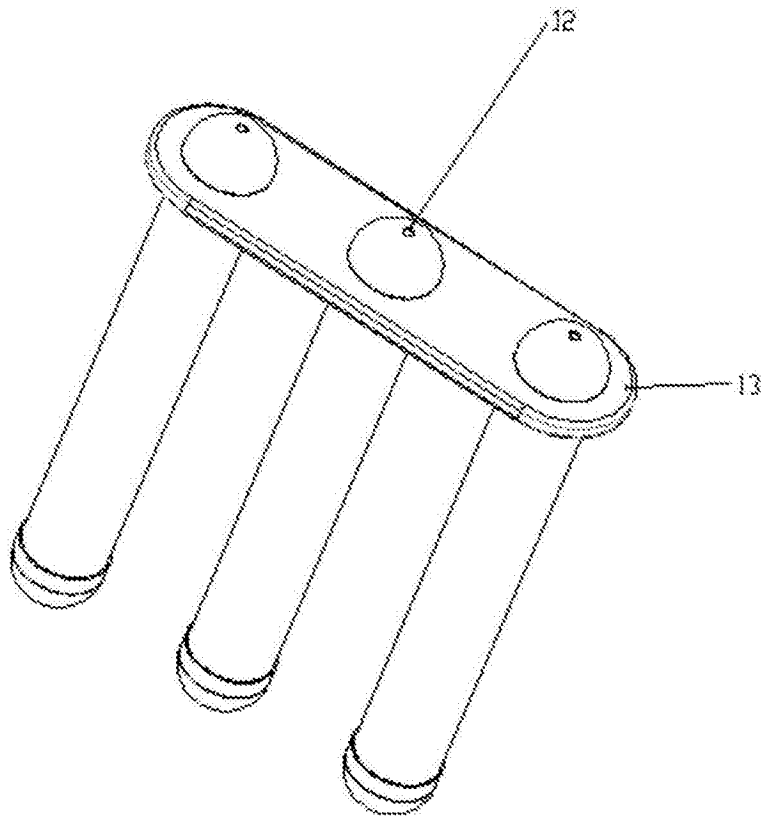


图2

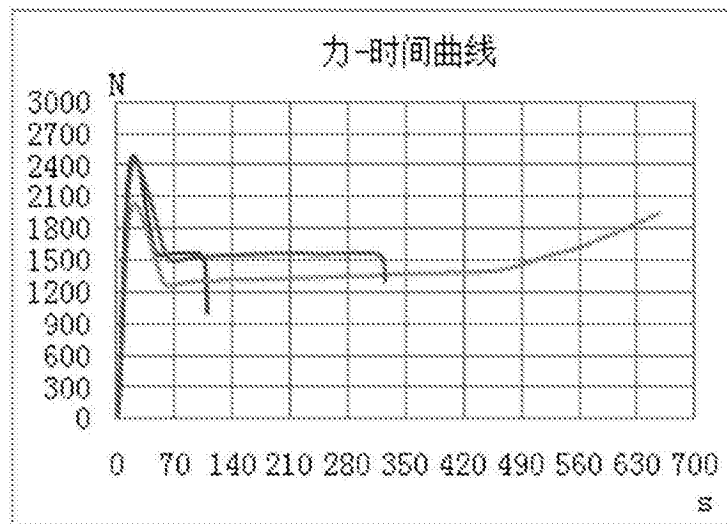


图3

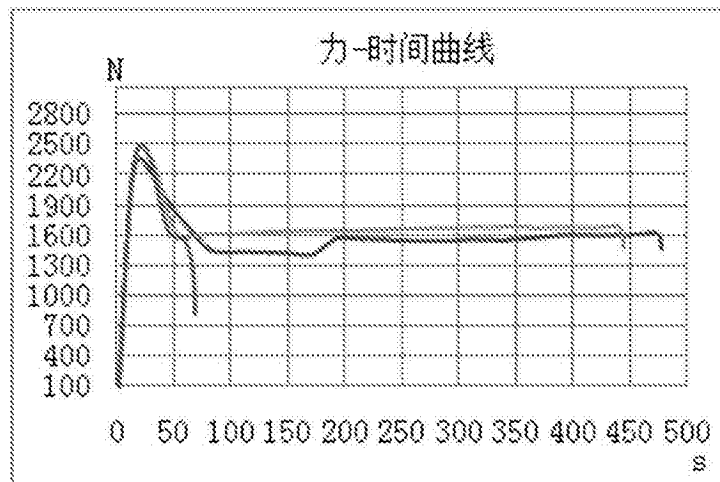


图4