

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01M 1/16 (2006.01)

G01M 17/013 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410023842.5

[45] 授权公告日 2009年2月18日

[11] 授权公告号 CN 100462704C

[22] 申请日 2004.3.25

[21] 申请号 200410023842.5

[73] 专利权人 青岛高校软控股份有限公司

地址 266045 山东省青岛市郑州路1号

[72] 发明人 杭柏林 孟鹏 东野广俊 王金健

[56] 参考文献

CN1374510A 2002.10.16

US4494400A 1985.1.22

US4285240A 1981.8.25

车轮动平衡机的测量原理及其计量校准.
鲍国华. 上海计量测试, 第28卷第5期. 2001
动不平衡及车轮动平衡机不平衡量的测量.
刘美生, 王蛟茹, 姜爱军. 中国测试技术, 第3期. 2003

用影响系数法改革动平衡实验. 胡贵钱.
实验室研究与探索, 第6期. 2000

中华人民共和国国家标准 汽车轮胎动平衡
试验方法 GB/T 18505 - 2001. 中华人民共和国
国家质量监督检验检疫总局, 1.4, 中国标准
出版社. 2002

审查员 向莉

[74] 专利代理机构 青岛联智专利商标事务所有限
公司

代理人 陈磊

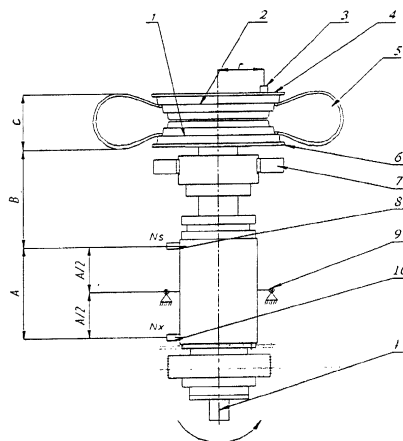
权利要求书5页 说明书8页 附图1页

[54] 发明名称

轮胎动平衡不平衡量的测量方法

[57] 摘要

本发明所述的轮胎动平衡不平衡量的测量方法, 是应用于动平衡测试机上的被测轮胎的不平衡量测量。采用多传感器进行轮胎动、静不平衡量测量时, 建立校正平面上不平衡量的量值大小与多传感器信号的对应关系的线性模型, 从而可以准确地测量出轮胎动、静不平衡量。



1、一种轮胎动平衡不平衡量的测量方法，其特征在于：在确定所应用轮胎动平衡试验机的标定系数，设定为 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 ；以及被测轮胎和主轴系统的 n 次不平衡量实测值 M_i ， $i=0,1,\dots,n-1$ ，进行矢量和计算后，确定的主轴系统的不平衡量 M ；在确定上述标定系数和主轴系统不平衡量的基础上，通过矢量求和来最终测算出任一具体被测轮胎分解在上校正面的不平衡质量 m_s 、以及分解在下校正面的不平衡质量 m_x ，所述测量方法的流程是，

第一步，建立被测轮胎不平衡质量与试验机力传感器实测值之间的线性关系表达式

$$\begin{cases} m_s = k_1 N_s + k_2 N_x \\ m_x = k_3 N_s + k_4 N_x \end{cases} \quad (1)$$

其中： m_s 是被测轮胎上校正面的不平衡质量，

m_x 是被测轮胎下校正面的不平衡质量；

k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 是所述的标度变换系数，即标定系数；

N_s 是试验机上力传感器不平衡力的实测值；

N_x 是试验机下力传感器不平衡力的实测值；

第二步，确定动平衡试验机的标定系数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 数值；

确定所述的标定系数包括有，

确定任一被测轮胎不平衡质量 m 与实测得不平衡力 N 之间的线性关系；以及，

应用上述 m 与 N 之间的线性关系，通过在所述动平衡试验机的上、下校正面分别加装一定质量和固定角度的相同砝码、并以相同的转速旋转而实际测得的不平衡力 N 来计算出标定系数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 的具体数值；

第三步，确定试验机主轴系统的不平衡量；

在确定标定系数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 基础上，将任一被测轮胎装卡在主轴系统上并多次按 180° 旋转被测轮胎，以测得多组成对的不平衡量实测值 M_i ， $i=0,1,\dots,n-1$ ；

在将上述 n 次实测值 M_i 进行矢量和计算后，通过抵消掉被测轮胎的不平衡量来测量出主轴系统的不平衡量 M_0 ，包括主轴系统在上校正面

的固有不平衡质量 M_{s0} 、在下校正面的固有不平衡质量 M_{x0} ;

第四步, 执行测量任一被测轮胎的不平衡量;

将一定规格的轮胎放在主测单元, 装卡在主轴系统上进行充气, 并进行 **200-1000rpm** 的旋转, 测得的轮胎和主轴系统的整体不平衡量对应上下传感器的信号为 N_s 、 N_x ; 停止旋转, 卸气并卸胎;

根据上述第二步、以及方程式(1)解得轮胎和主轴系统的整体不平衡量为 m_{SA} 、 m_{XA} ;

将主轴系统的不平衡量 M_{s0} 、 M_{x0} 与整体不平衡量为 m_{SA} 、 m_{XA} 进行矢量和, 则得被测轮胎的实际不平衡量, 即

$$\begin{aligned} m_s &= m_{SA} - M_{s0} \\ m_x &= m_{XA} - M_{x0} \end{aligned} \quad \circ$$

2、 根据权利要求1所述的轮胎动平衡不平衡量的测量方法, 其特征在于: 所述测量方法中建立任一被测轮胎的不平衡质量, 与试验机力传感器实测值之间的线性关系的流程是,

第一步, 根据力矩平衡原理, 对上、下校正面分别求矩, 并计算出被测轮胎上、下校正面产生的离心力;

即对上校正面求矩, 其结果应为0, 即 $\Sigma Ms=0$; 解得:

$$F_x = \frac{B+C}{C} N_s - \frac{A+B+C}{C} N_x \quad (2)$$

其中, F_x 是被测轮胎分解到下校正面的离心力,

A 是两个力传感器之间的距离,

B 是上传感器到下轮辋下表面的距离,

C 是轮胎的胎面宽度, 也就是上、下轮辋间的工作距离;

再对下校正面求矩, 其结果应为0, 即 $\Sigma Mx=0$, 解得:

$$F_s = \frac{A+B}{C} N_x - \frac{B}{C} N_s \quad (3)$$

其中, F_s 是被测轮胎分解到上校正面的离心力;

第二步，通过被测轮胎分解到上、下校正面的离心力，有：

$$F = F_s + F_x \quad (4)$$

其中， F 是偏心质量 m 在半径为 r 轮辋处产生的离心力，根据离心力产生原理，可计算出轮胎质量偏心 m ；

$$m = F / r\omega^2 \quad (5)$$

r 是上、下校正的半径，

ω 是轮胎旋转的角速度，逆时针旋转力矩为正，顺时针旋转力矩为负；

第三步，通过轮胎偏心质量 m ，确立被测轮胎等效分解到校正面的质量 m_s 、 m_x 与传感器实测得不平衡力 N_s 、 N_x 之间的线性关系，即标定系数 k ；

将上述方程 (2)、(3)、(4)、(5) 式联立，建立以下线性关系的表达式

$$\begin{cases} m_s = k_1 N_s + k_2 N_x \\ m_x = k_3 N_s + k_4 N_x \end{cases} \quad (6)$$

其中：

m_s 是被测轮胎上校正面的不平衡质量，

m_x 是被测轮胎下校正面的不平衡质量，

k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 是所述的标度变换系数，即标定系数。

3、根据权利要求 2 所述的轮胎动平衡不平衡量的测量方法，其特征在于：所述的测量方法中确定标定系数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 的流程是，

第一步，仅安装被测轮胎的测试取值；

将被测轮胎安装在上、下轮辋之间，并从 200-1000rpm 的范围内选择某一转速进行旋转，测得轮胎和主轴系统的整体不平衡量，即整体不平衡量对应上、下传感器的实测值 N_{s0} 、 N_{x0} ；测得上述实测值后，即停止旋转；

第二步，在上校下面加一定质量砝码后的测试取值；

在上校正面加质量为 m_1 ，为 50-200g 的砝码，然后仍上步骤的频率 200-1000rpm 进行旋转，测得加装砝码后的轮胎和主轴系统的整体不平衡量，即对应上、下传感器的实测值 N_{ss} 、 N_{xs} ；测得上述实测值后，即

即停止旋转，

根据上述方程式(4)，得出

$$\begin{cases} k_1(\mathbf{N}_{ss} - \mathbf{N}_{s0}) + k_2(\mathbf{N}_{xs} - \mathbf{N}_{x0}) = \mathbf{m1} \\ k_3(\mathbf{N}_{ss} - \mathbf{N}_{s0}) + k_4(\mathbf{N}_{xs} - \mathbf{N}_{x0}) = \mathbf{0} \end{cases} \quad (7)$$

第三步，在下校下面加一定质量砝码后的测试取值；

从上校正面取下质量为 $m1$ 的砝码加在下校正面，并采用与上步相同的旋转，测得加装砝码后的轮胎和主轴系统的整体不平衡量，即对应上、下传感器的实测值 N_{sx} 、 N_{xx} ；测得上述实测值后，即停止旋转；

基于相同原理，根据方程式(4)，得出

$$\begin{cases} k_1(\mathbf{N}_{sx} - \mathbf{N}_{s0}) + k_2(\mathbf{N}_{xx} - \mathbf{N}_{x0}) = \mathbf{0} \\ k_3(\mathbf{N}_{sx} - \mathbf{N}_{s0}) + k_4(\mathbf{N}_{xx} - \mathbf{N}_{x0}) = \mathbf{m1} \end{cases} \quad (8)$$

实际上， N_{s0} 、 N_{x0} 、 N_{ss} 、 N_{xs} 、 N_{sx} 、 N_{xx} 、 $m1$ 均为已知值，因而可将方程组(7)、(8)联立，

设 $N_{ss}-N_{s0}=T1$ ， $N_{xs}-N_{x0}=T2$ ， $N_{sx}-N_{s0}=T3$ ， $N_{xx}-N_{x0}=T4$ ，从而可以解得

$$\begin{cases} k_1 = m1T_4 / (T_1T_4 - T_2T_3) \\ k_2 = m1T_3 / (T_2T_3 - T_1T_4) \\ k_3 = m1T_2 / (T_2T_3 - T_1T_4) \\ k_4 = m1T_1 / (T_1T_4 - T_2T_3) \end{cases} \quad \circ$$

4、 根据权利要求3所述的轮胎动平衡不平衡量的测量方法，其特征在于：所述的测量方法中确定主轴系统不平衡量的流程是，

第一步，取一只标准轮胎放在主测单元并装卡在主轴系统上，进行充气；

按一定转速旋转主轴系统，并测得主轴系统和被测轮胎的合成的不平衡量为 M_0 ，停止旋转，放气，上轮辋升起；

第二步，将轮胎在主轴系统上旋转 $360^\circ / n$ ， $n=2, 4, 6, \dots$ ， n 为测量次数； n 为偶数， $n \leq 10$ ；重复第一步操作，上轮辋下降，装卡轮胎并充气，充气气压保持不变；依次得到主轴系统和被测轮胎的合成的不平衡量，直至将 n 次测量完；

第三步，将 n 次测量的结果 M_i ， $i=0, 1, \dots, n-1$ ，进行矢量和计算，并标度变换后除 n ；

被测轮胎的不平衡量被抵消，则得到的是主轴系统不平衡量 M_0 ，即

$$M = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} M_i}{n} \quad \circ$$

轮胎动平衡不平衡量的测量方法

技术领域

本发明涉及一种轮胎动平衡不平衡量的测量方法。

背景技术

目前国内单位和家庭购买汽车的数量大幅增长，对于汽车轮胎使用寿命的质量标准提出了更高要求。

汽车用轮胎是一种筒状断面的圆环型可旋转体，其是由多层带有钢丝帘线的橡胶预制材料、复合橡胶预制材料经贴合、成型、硫化定型加工而成。所述结构的轮胎，其构成材料不可避免地存在着分布不均或质量中心与轮胎的几何中心不重合（所谓的质量偏心）等问题，也就是常说的轮胎不平衡量。根据相关力学原理，存在一定程度质量偏心的轮胎，在高速旋转情况下必定会产生交变的径向力，从而会引起汽车的振动或噪声，会影响到汽车运行的速度、舒适度或平稳度。如果轮胎的不平衡量较大，严重的还会损坏汽车零部件，甚至会引发交通事故。

现有轮胎制造过程中对于轮胎不平衡量的检测，是必须和关键的一个流程。如申请号为 02106779，用于测量轮胎均匀性和/或动平衡的设备和方法的专利，其设备包括一根可转动地支承在一个被刚性支承的主轴壳体中的主轴，所述轮胎固定地安装在所述主轴上，当测量进行时，所述主轴被转动；以及至少一个安装在所述主轴壳体上的压电式力传感器，当所述主轴转动时，所述至少一个压电式力传感器检测轮胎转动产生的力。

如上述专利所披露的检测装置和方法，并未揭示和说明对于不同轮胎的不平衡质量分布与传感器实测值间的线性关系；也未说明如何测量和标识出主轴系统本身的不平衡量，难以实现精确地反映被测轮胎的不平衡量。

因而对于提高测量轮胎动、静不平衡量的精确性和建立测量方法的数学模型，缺乏规律性指导，测量不确定因素较多。反映在实际测量过程中，需要就每次针对不同轮胎的不平衡量分布进行测算和传感器实测值的校正操作，否则检测数据的误差较大。这必然增加了检测时间和难度，从而影响到轮胎检测效率，对于轮胎生产厂家来说其整体生产成本也会相应地增加。

发明内容

本发明所述的轮胎动平衡不平衡量的测量方法，其目的旨在解决上述问题和不足而提供一种用于测量轮胎动、静不平衡量的方法。

所述测量方法的核心内容是，测量方法应用于动平衡试验机上的被测轮胎的不平衡量测量。采用多传感器进行轮胎动、静不平衡量测量时，建立校正平面上不平衡量的量值大小与多传感器信号的对应关系的线性模型，从而可以准确地测量出轮胎动、静不平衡量。

当轮胎被加装到动平衡试验机后，包括试验机主轴系统、轮胎在内一起，在上下校正平面上的不平衡量与多个传感器测得的不平衡力偶量之间具有一对应线性关系，即形成有标定不平衡量的标定系数。

不平衡量的标定系数，对于某一试验机来说是固定不变的。因此，标定系数反过来，也可建立起不平衡力偶量实测值与所求轮胎不平衡量的线性对应关系，从而可以轮胎静、动平衡的不平衡量进行量化和计算出来，从而提供给轮胎结构改进以有效根据。

上述依据标定系数确定的不平衡量中，还包括有试验机主轴系统本身产生的不平衡量，同样对于某一试验机来说其主轴系统的不平衡量也是固定不变的。只要将主轴系统不平衡量标识出并去除，即可得出被测轮胎的、经过还原的不平衡量的量值。

如上所述，本发明所述的测量方法是，在确定所用轮胎动平衡试验机的标定系数，设定为 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 ；以及被测轮胎和主轴系统的 n 次不平衡量实测值 $M_i (i=0,1,\dots,n-1)$ 进行矢量和计算后，确定的主轴系统的不平衡量 M_0 ，并以此为基础，通过矢量求和来最终测算出每个具体被测轮胎在上校正面的不平衡质量 m_s 、以及在下校正面的不平衡质量 m_x 。

本发明所述的轮胎动平衡不平衡量的测量方法，其主要流程是：

第一步，建立被测轮胎不平衡质量与试验机力传感器实测值之间的线性关系表达式

$$\begin{cases} m_s = k_1 N_s + k_2 N_x \\ m_x = k_3 N_s + k_4 N_x \end{cases} \quad (1)$$

其中： m_s 是被测轮胎上校正面的不平衡质量，

m_x 是被测轮胎下校正面的不平衡质量；

k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 是所述的标度变换系数，即标定系数；

N_s 是试验机上力传感器不平衡力的实测值;

N_x 是试验机下力传感器不平衡力的实测值;

第二步, 确定动平衡试验机的标定系数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 数值;

确定所述的标定系数包括有,

确定任一被测轮胎不平衡质量 m 与实测得不平衡力 N 之间的线性关系;

以及, 应用上述 m 与 N 之间的线性关系, 通过在所述动平衡试验机的上、下校正面分别加装一定质量和固定角度的相同砝码, 并以相同的转速旋转而实际测得的不平衡力 N 来计算出标定系数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 的具体数值;

第三步, 确定试验机主轴系统的不平衡量;

在确定标定系数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 基础上, 将任一被测轮胎装卡在主轴系统上并多次按 180° 旋转被测轮胎, 以测得多组成对的不平衡量实测值 $M_i(i=0,1,\dots,n-1)$;

在将上述 n 次实测值 M_i 进行矢量和计算后, 通过抵消掉被测轮胎的不平衡量来测量出主轴系统的不平衡量 M_0 (包括主轴系统在上校正面的固有不平衡质量 M_{s0} 、在下校正面的固有不平衡质量 M_{x0});

第四步, 执行测量任一被测轮胎的不平衡量;

将一定规格的轮胎放在主测单元, 装卡在主轴系统上进行充气, 并从 200-1000rpm 的范围选择某一转速进行旋转, 测得的轮胎和主轴系统的整体不平衡量对应上下传感器的信号为 N_s 、 N_x ; 停止旋转, 卸气并卸胎;

根据上述第二步、以及方程式 (1) 解得轮胎和主轴系统的整体不平衡量为 m_{SA} 、 m_{XA} ;

将主轴系统的不平衡量 M_{s0} 、 M_{x0} 与整体不平衡量为 m_{SA} 、 m_{XA} 进行矢量和, 则得被测轮胎的实际不平衡量, 即

$$m_s = m_{SA} - M_{s0}$$

$$m_x = m_{XA} - M_{x0}$$

如上所述, 即是本发明所述测量方法的主要流程内容。

如上述流程第二步所述的标定系数的标定流程是:

第一步, 推导出上、下校正面的离心力与测力传感器实测值间的对应线性关系。即,

根据力矩平衡原理, 上、下校正面求矩的结果应为 0, 因而可以建立任一

被测轮胎在上校正面所产生的离心力 F_s ，分别与上、下力传感器实测值的 N_s 、 N_x 之间的线性关系表达式；以及，任一被测轮胎在下校正面所产生的离心力 F_x ，分别与上、下力传感器实测值的 N_s 、 N_x 之间的线性关系表达式。

第二步，通过被测轮胎上、下校正面产生的离心力 F_s 、 F_x 计算出轮胎偏心质量 m 。

第三步，通过轮胎偏心质量 m ，确立被测轮胎不平衡质量 m （包括分解到被测轮胎上、下校正面的不平衡质量 m_s 、 m_x ）与实测得不平衡力 N 之间的线性关系，（包括 N_s 、 N_x ）之间的对应关系，即标定系数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 。

如上所述，通过标定系数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 ，可以确定被测轮胎不平衡质量 m 与实测得不平衡力 N 之间的线性关系。

确定标定系数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 的数值，可以利用上述 m 与 N 之间的线性关系，通过多次在上校正面、下校正面加装一定质量的、加装角度相同的砝码、以一定的转速实际测得的不平衡力 N 来计算出来。

标定系数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 数值一旦确定，即可针对主轴系统的不平衡量进行测算并最终完成其标识工作。

如上述流程第三步所述的主轴系统不平衡量的测量流程是：

第一步，取一只标准轮胎放在主测单元并装卡在主轴系统上，进行充气；按一定转速旋转主轴系统，并测得主轴系统和被测轮胎的合成的不平衡量为 M_0 ，停止旋转，放气，上轮辋升起；

第二步，将轮胎在主轴系统上旋转 $360^\circ/n$ ($n=2,4,6,\dots$ ， n 为测量次数；理论上要求 n 为偶数，实际应用一般 $n \leq 10$)；重复第一步操作，上轮辋下降，装卡轮胎并充气，充气气压保持不变；依次得到主轴系统和被测轮胎的合成的不平衡量，直至将 n 次测量完；

第三步，将 n 次测量的结果 M_i ($i=0,1,\dots,n-1$) 进行矢量和计算，并标度变换后除 n 。

被测轮胎的不平衡量被抵消，则得到的是主轴系统不平衡量 M_0 ，即

综上所述轮胎动平衡不平衡量的测量方法，是建立在如上述方程式 (1)

$$M_0 = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} M_i}{n}$$

的基础上，即建立在标定系数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 的基础上。在确定主轴系数不

平衡量后，可以将其标识出从而将整体测量系数找到了标准参考系，由于标定系数和主轴系统不平衡量对于动平衡试验机是固定不变的，因而所测量出的被测轮胎的不平衡量是准确的、并不含有其他不平衡量的。

应用本发明所述的测量方法，具有可靠地测量标准和参考系，测量出的不平衡数据可以直接指导轮胎结构修正和找出导致不平衡的原因，并无不确定因素。而且在实际测量过程中，只需事先进行标定系数和主轴系统不平衡量的测算，就可针对每个实测轮胎进行测算，从而有效地减少了检测时间和难度，轮胎生产检测效率较高，生产成本也会相应地降低。

附图说明

图 1 是动平衡试验机的主要结构示意图。

如图 1 所示，应用本发明所述主轴系统不平衡量测量方法的的动平衡试验机，主要包括有下轮辋 1，上轮辋 2，砝码 3，上校正面 4，轮胎 5，下校正面 6，上轮辋卡紧机构 7，上力传感器 8，主轴支承 9，下力传感器 10、旋转编码器 11。其中，

N_s 是上力传感器实测值，

N_x 是下力传感器实测值，

A 是两个力传感器之间的距离，

B 是上传感器到下轮辋下表面的距离，

C 是轮胎的胎面宽度（也就是上、下轮辋间的工作距离），

r 是上、下校正面（轮辋）的半径。

具体实施方式

实施例 1，结合图 1 所示的动平衡试验机结构，本发明所述的测量方法，在确定并将动平衡试验机安装到位后，选择任一具有偏心质量 m 的被测轮胎，首先建立标定系数 k 与被测轮胎不平衡质量 m 、以及实测得校正面不平衡力偶量 N 之间的线性数学表达式，其线性模型推导过程是：

第一步，如图 1 所示，根据力矩平衡原理，对上、下校正面分别求矩，并计算出被测轮胎上、下校正面产生的离心力。

即对上校正面求矩，其结果应为 0，即 $\sum Ms=0$ 。解得：

$$F_x = \frac{B+C}{C} N_s - \frac{A+B+C}{C} N_x \quad (2)$$

其中, F_x 是被测轮胎分解到下校正面的离心力。

再对下校正面求矩, 其结果应为 0, 即 $\Sigma M_x=0$ 。解得:

$$F_s = \frac{A+B}{C} N_x - \frac{B}{C} N_s \quad (3)$$

其中, F_s 是被测轮胎分解到上校正面的离心力。

第二步, 通过被测轮胎分解到上、下校正面的离心力, 有:

$$F = F_s + F_x \quad (4)$$

其中, F 是偏心质量 m 在半径为 r 轮辋处产生的离心力。

根据离心力产生原理, 可计算出轮胎质量偏心 m ;

$$m = F / r\omega^2 \quad (5)$$

r 是上、下校正的半径,

ω 是轮胎旋转的角速度, 逆时针旋转力矩为正, 顺时针旋转力矩为负;

第三步, 通过轮胎偏心质量 m , 确立被测轮胎等效分解到校正面的质量 m_s 、 m_x 与传感器实测得不平衡力 N_s 、 N_x 之间的线性关系, 即标定系数 k ;

将上述方程 (2)、(3)、(4)、(5) 式联立, 建立以下线性关系的表达式

$$\begin{cases} m_s = k_1 N_s + k_2 N_x \\ m_x = k_3 N_s + k_4 N_x \end{cases} \quad (6)$$

其中:

m_s 是被测轮胎上校正面的不平衡质量,

m_x 是被测轮胎下校正面的不平衡质量,

k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 是所述的标度变换系数, 即标定系数。

通过如上所述的线性模型推导过程, 标定系数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 对于特定具体的动平衡测试机来说是确定不变的, 无论被测轮胎的不平衡质量 m 怎样变化。

因而, 只需测算出标定系数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 , 即可用数值的形式来表达出被测轮胎上、下校正面的不平衡质量 m_s 、 m_x 。

以下是测算标定系数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 的具体流程:

第一步, 仅安装被测轮胎的测试取值。

将被测轮胎安装在上、下轮辋之间，并在 200-1000rpm 之间选择某一转速进行旋转，测得轮胎和主轴系统的整体不平衡量，即整体不平衡量对应上、下传感器的实测为 N_{s0} 、 N_{x0} 。测得上述实测值后，即停止旋转。

第二步，在上校下面加一定质量砝码后的测试取值。

在上校正面加质量为 $m1$ (一般为 50-200g) 的砝码，然后仍上步骤的转速进行旋转，测得加装砝码后的轮胎和主轴系统的整体不平衡量，即对应上、下传感器的实测值 N_{ss} 、 N_{xs} 。测得上述实测值后，即停止旋转。

根据上述方程式 (6)，可以得出

$$\begin{cases} k_1(N_{ss} - N_{s0}) + k_2(N_{xs} - N_{x0}) = m1 \\ k_3(N_{ss} - N_{s0}) + k_4(N_{xs} - N_{x0}) = 0 \end{cases} \quad (7)$$

上述表达式中有 4 个未知量 $k1$ 、 $k2$ 、 $k3$ 、 $k4$ ，尚不能解算出具体值，因而还需再取一组数值。

第三步，在下校下面加一定质量砝码后的测试取值。

从上校正面取下质量为 $m1$ 的砝码加在下校正面的同一角度上，并采用与上步相同的转速旋转，测得加装砝码后的轮胎和主轴系统的整体不平衡量，即对应上、下传感器的实测值 N_{sx} 、 N_{xx} 。测得上述实测值后，即停止旋转。

基于相同原理，根据方程式 (6)，可以得出

$$\begin{cases} k_1(N_{sx} - N_{s0}) + k_2(N_{xx} - N_{x0}) = 0 \\ k_3(N_{sx} - N_{s0}) + k_4(N_{xx} - N_{x0}) = m1 \end{cases} \quad (8)$$

实际上， N_{s0} 、 N_{x0} 、 N_{ss} 、 N_{xs} 、 N_{sx} 、 N_{xx} 、 $m1$ 均为已知值，因而可将方程组 (7)、(8) 联立，

设 $N_{ss} - N_{s0} = T1$ ， $N_{xs} - N_{x0} = T2$ ， $N_{sx} - N_{s0} = T3$ ， $N_{xx} - N_{x0} = T4$ ，从而可以解得：

$$\begin{cases} k_1 = m1T_4 / (T_1T_4 - T_2T_3) \\ k_2 = m1T_3 / (T_2T_3 - T_1T_4) \\ k_3 = m1T_2 / (T_2T_3 - T_1T_4) \\ k_4 = m1T_1 / (T_1T_4 - T_2T_3) \end{cases}$$

此时所求得的标准系数 $k1$ 、 $k2$ 、 $k3$ 、 $k4$ 是实际测算值。

应用上述动平衡试验机，对于任一被测轮胎均可通过方程式 (6)，并根据标准系数 $k1$ 、 $k2$ 、 $k3$ 、 $k4$ ，以及上、下力传感器实测值 N_s 、 N_x ，最终确定

被测轮胎上、下校正面的不平衡质量 m_s 、 m_x 。

应用上述测算出的标定系数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 ，可按以下流程来计算包括主轴系统和被测轮胎的整体不平衡量。其测量步骤是：

第一步，取一只标准轮胎放在主测单元并装卡在主轴系统上，进行充气；

按一定转速旋转主轴系统，并测得主轴系统和被测轮胎的合成的不平衡量为 M_0 ，停止旋转，放气，上轮辋升起；

第二步，将轮胎在主轴系统上旋转 $360^\circ/n$ ($n=2,4,6,\dots$ ， n 为测量次数；理论上要求 n 为偶数，实际应用一般 $n \leq 10$)；重复第一步操作，上轮辋下降，装卡轮胎并充气，充气气压保持不变；依次得到主轴系统和被测轮胎的合成的不平衡量，直至将 n 次测量完；

第三步，将 n 次测量的结果 $M_i(i=0,1,\dots,n-1)$ 进行矢量和计算，并标度变换后除 n 。

被测轮胎的不平衡量被抵消，则得到的是主轴系统不平衡量 M_0 ，即

$$M = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} M_i}{n}$$

如上所述，在确定标定系数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 和主轴系统不平衡量 M_0 的基础上，即可执行测量任一轮胎的实际不平衡量。其流程是：

将一定规格的轮胎放在主测单元，装卡在主轴系统上进行充气，并进行 200-1000rpm 的旋转，测得的轮胎和主轴系统的整体不平衡量对应上下传感器的信号为 N_s 、 N_x ；停止旋转，卸气并卸胎；

根据上述第二步、以及方程式 (1) 解得轮胎和主轴系统的整体不平衡量为 m_{SA} 、 m_{XA} ；

将主轴系统的不平衡量 M_{s0} 、 M_{x0} 与整体不平衡量为 m_{SA} 、 m_{XA} 进行矢量和，则得被测轮胎的实际不平衡量，即

$$\begin{aligned} m_s &= m_{SA} - M_{s0} \\ m_x &= m_{XA} - M_{x0} \end{aligned}$$

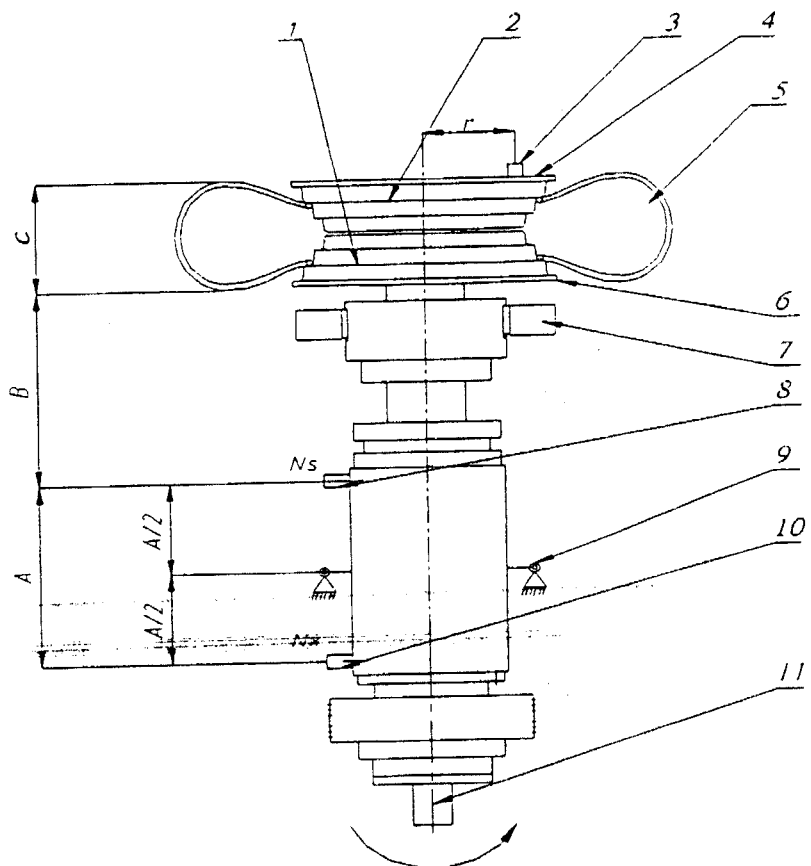


图 1