

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101559572 B

(45) 授权公告日 2011.04.20

(21) 申请号 200910062135.X

审查员 田丽莉

(22) 申请日 2009.05.19

(73) 专利权人 武汉华中数控股份有限公司

地址 430223 湖北省武汉市东湖新技术开发区庙山小区华中科技大学科技园

(72) 发明人 王平江 李佳佳 尹玲 唐小琦  
梁松俭 周彬 陈吉红 朱志红

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心  
42201

代理人 李智

(51) Int. Cl.

B24B 15/02 (2006.01)

B24B 49/10 (2006.01)

B24B 11/02 (2006.01)

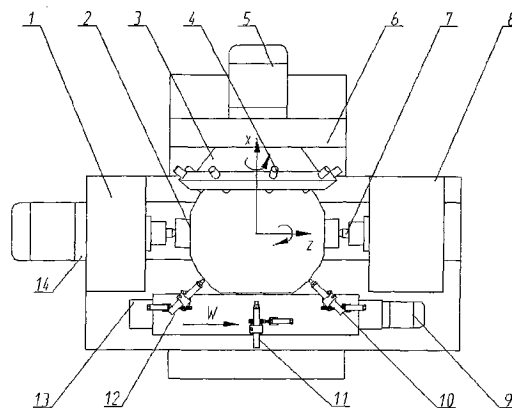
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 5 页

(54) 发明名称

球阀磨削中自动对心和在线实时检测方法及装置

(57) 摘要

本发明提出一种球阀磨削中自动对心方法,利用高精度标准球阀调整三个电涡流位移传感器位姿,保持各传感器与旋磨盘的相对位置不变,用待磨削球阀替换标准球阀,调整待磨削球阀的纵向位置直到第一、三传感器的采样平均值相等,实现自动对心。本发明还提供球阀磨削过程在线实时检测方法,按照上述方式对心后,在第二传感器周期的非零输出信号时段内,计算三个传感器的采样平均值;在第二传感器周期的零输出信号时段内,计算第一、三传感器的采样平均值,最后对两个平均值加权求和得到球阀的当前尺寸。本发明实现了球阀与旋磨盘的自动准确对心,并在磨削过程中在线实时检测球阀的半径,实现球阀磨削过程的全闭环控制。



1. 球阀磨削中自动对心方法，具体步骤如下：

A 三个电涡流位移传感器的初始位姿确定步骤：利用标准球阀调整三个电涡流位移传感器的初始位置及其零点，即使得标准球阀的中心线、旋磨盘回转轴线以及第二传感器的测量轴线重合，第一和第三传感器关于第二传感器的测量轴线对称分布，三个传感器的测量轴线与标准球阀回转轴线、旋磨盘回转轴线位于同一平面，并且指向标准球阀回转轴线与旋磨盘回转轴线的交点；各传感器探头与标准球阀表面的间距对应于各传感器输出特性曲线中点值；

B 待磨削球阀与旋磨盘回转轴线的对心步骤：保证各电涡流位移传感器与旋磨盘的初始位姿不变，用待磨削球阀替换标准球阀，使球阀绕其回转轴线做旋转运动，根据第二传感器的信号计算球阀旋转一周的周期，在该周期内计算第一、第三传感器的采样平均值，调整待磨削球阀的纵向位置直到第一和第三传感器的采样平均值相等。

2. 球阀磨削过程在线实时检测方法，该方法包括以下步骤：

(1) 按照权利要求 1 所述方法实现待磨削球阀与旋磨盘回转轴线的自动对心；

(2) 对待磨削球阀进行磨削，在第二传感器周期  $T$  的非零输出信号时段内，计算三个传感器的采样平均值  $\bar{x}_1$ ；在第二传感器周期  $T$  的零输出信号时段内，计算第一、三传感器的采样平均值  $\bar{x}_2$ ；计算球阀的实际尺寸  $D = D_0 - \Delta'$ ， $D_0$  为标准球阀的尺寸，球阀尺寸的综合变化值  $\Delta' = \lambda_1 \bar{x}_1 + \lambda_2 \bar{x}_2$ ， $\lambda_1$  为采样平均值  $\bar{x}_1$  的加权因子， $\lambda_2$  为采样平均值  $\bar{x}_2$  的加权因子， $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$ 。

3. 实现权利要求 2 所述方法的检测装置，其特征在于，包括三个电涡流位移传感器、三个定位机构、一维数控滑台和一维数控滑台伺服电机。各电涡流位移传感器通过定位机构固定于一维数控滑台上，一维数控滑台与一维数控滑台伺服电机相接。

4. 根据权利 3 所述的检测装置，其特征在于，所述定位机构包括导套 (15)、导柱 (17)、齿轮 (20)、齿条 (21) 和液压缸 (22)，导柱 (17) 上端连接电涡流位移传感器，下端固定于导套 (15) 上，导套 (15) 与齿轮 (20) 均连接于同一转轴，齿轮 (20) 通过齿条 (21) 与液压缸 (22) 相接。

## 球阀磨削中自动对心和在线实时检测方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于球阀磨削加工领域，具体涉及球阀磨削中自动对心和在线实时检测方法及装置。

### 背景技术

[0002] 球阀是近年来被广泛采用的一种新型阀门。它通过旋转阀杆来使阀门畅通或闭塞，主要用于截断或接通介质，也可用于流体的调节与控制。球阀开关轻便，体积小，密封可靠，结构简单，维修方便，密封面与球面常在闭合状态，不易被介质冲蚀，因此在各行业中得到广泛应用。石油、化工、天然气类行业，对大规格精密球阀有着较大的需求，生产上需要采用更先进的工艺设备和方法，提高球阀精密程度。

[0003] 目前，国内木野精机公司开发的QM580、QM880两种系列的数控球面磨床，采用旋磨盘与球阀同时旋转的复合运动来完成球面磨削，加工精度在0.05毫米以内。但这种加工方式的缺陷在于：第一，在磨削加工之前，旋磨盘与球阀的对心操作采用人工完成，这样不仅操作过程繁琐，而且会引入人为误差，影响球阀表面精度；第二，在磨削过程中，对球阀尺寸的检测都是在机床停机状态下人工完成。机床频繁启停，不仅影响生产设备的使用寿命，而且严重降低了生产效率，尤其是对于大尺寸的球阀，检测器具精度很低、检测效率非常低，严重阻碍了球阀的生产效率。这种完全靠人工操作的生产方式，由于无法动态提取球阀的尺寸信息，难以对磨削加工过程进行实时控制。而且，操作工人仅凭经验采用磨削时间、加工进给量、进给速度等工艺参数控制磨削过程，致使球阀加工质量得不到保证，造成球阀报废、材料浪费等不良后果。

### 发明内容

[0004] 本发明的第一目的在于提供一种球阀磨削中自动对心方法，该方法操作简单，对心精度高。

[0005] 本发明的第二目的在于提供一种球阀磨削中在线实时检测方法，实时获取球阀的当前尺寸，以实现球阀磨削加工过程的全闭环控制。

[0006] 本发明的第三目的在于提供实现上述在线实时检测方法的装置。

[0007] 球阀磨削中自动对心方法，具体步骤如下：

[0008] A 三个电涡流位移传感器的初始位姿确定步骤：利用标准球阀调整三个电涡流位移传感器的初始位置及其零点，即使得标准球阀的中心线、旋磨盘回转轴线以及第二传感器的测量轴线重合，第一和第三传感器关于第二传感器的测量轴线对称分布，三个传感器的测量轴线与标准球阀回转轴线、旋磨盘回转轴线位于同一平面，并且指向标准球阀回转轴线与旋磨盘回转轴线的交点；各传感器探头与标准球阀表面的间距对应于各传感器输出特性曲线的中点值；

[0009] B 待磨削球阀与旋磨盘回转轴线的对心步骤：保证各电涡流位移传感器与旋磨盘的初始位姿不变，用待磨削球阀替换标准球阀，使球阀绕其回转轴线做旋转运动，根

据第二传感器的信号计算球阀旋转一转的周期，在该周期内计算第一、第三传感器的采样平均值，调整待磨削球阀的纵向位置直到第一和第三传感器的采样平均值相等。

[0010] 球阀磨削过程在线实时检测方法，该方法包括以下步骤：

[0011] (1) 按照权利要求 1 所述方法实现待磨削球阀与旋磨盘回转轴线的自动对心；  
(2) 对待磨削球阀进行磨削，在第二传感器周期  $T$  的非零输出信号时段内，计算三个传感器的采样平均值  $\bar{x}_1$ ；在第二传感器周期  $T$  的零输出信号时段内，计算第一、三传感器的采样平均值  $\bar{x}_2$ ；计算球阀的实际尺寸  $D = D_0 - \Delta'$ ， $D_0$  为标准球阀的尺寸，球阀尺寸的综合变化值  $\Delta' = \lambda_1 \bar{x}_1 + \lambda_2 \bar{x}_2$ ， $\lambda_1$  为采样平均值  $\bar{x}_1$  的加权因子， $\lambda_2$  为采样平均值  $\bar{x}_2$  的加权因子， $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$ 。

[0012] 实现上述监测方法的检测装置，包括三个电涡流位移传感器、三个定位机构、一维数控滑台和一维数控滑台伺服电机。各电涡流位移传感器通过定位机构固定于一维数控滑台上，一维数控滑台与一维数控滑台伺服电机相接。

[0013] 本发明的技术效果体现在：

[0014] 本发明自动对心时，数控系统根据第一、第三两个传感器从对称方向检测到的球阀表面位置信号，进行数据采集并实时计算其采样平均值。根据采样平均值令工作台带动球阀向左或向右做纵向对心运动，此时附加在工作台上的数控滑台反方向运动，且其位移量、速率等于工作台的位移量及速率，以保证传感器和旋磨盘的相对位置不变。当左、右两个传感器的采样平均值一致时，球阀中心线同旋磨盘的回转轴线重合，从而完成对心运动。

[0015] 在磨削过程中，三个传感器在线实时检测。一般球阀上都有通孔，第二传感器无法检测通孔部分的信息，致使第二传感器的输出信号呈方波样周期性变化，而第一、三两个传感器输出连续信号。球阀回转时三个传感器始终进行数据采集；在数据分析中，利用第二传感器为方波且方波周期与球阀回转周期相同的条件，可以根据三个传感器获得的信息计算球阀回转一周中球阀的平均半径。球阀回转一周中平均半径计算分两种情况进行，在第二传感器非零输出信号（即非通孔部分）所表示的时间段内，按照第一、二、三传感器的信息计算球阀的半径；在第二传感器的输出信号为零所表示的时间段内，根据第一、三传感器的信息计算球阀的半径。对这两种情况计算得到半径进行加权平均，得到球阀平均半径。根据实时检测得到的球阀平均半径，由数控系统控制旋磨盘的进给运动，从而实现对球阀磨削尺寸的在线实时检测与磨削控制。

[0016] 本发明实现了球阀与旋磨盘的自动准确对心，并能在磨削过程中在线实时检测球阀的半径，实现球阀磨削过程的全闭环控制，有效地克服了现有球阀磨削过程中人工操作繁琐、加工质量不高、且生产效率低下的问题。

## 附图说明

[0017] 图 1 为本发明结构前视图；

[0018] 图 2 为本发明结构俯视图；

[0019] 图 3 为图 1 的局部放大图；

[0020] 图 4 为球阀中心偏左时，各传感器输出信号的示意图，图 4a 为传感器 12 输出信号的示意图，图 4b 为传感器 11 输出信号示意图，图 4c 为传感器 10 输出信号示意图；

[0021] 图 5 为球阀向右运动时,各传感器输出信号的示意图,图 5a 为传感器 12 输出信号的示意图,图 5b 为传感器 11 输出信号示意图,图 5c 为传感器 10 输出信号示意图;

[0022] 图 6 为球阀向右做对心运动时,各传感器输出信号的示意图,图 6a 为传感器 10 输出信号的示意图,图 6b 为传感器 11、12 输出信号示意图。

### 具体实施方式

[0023] 本发明应用于球阀磨床。在球阀磨床上,球阀通过联接在头架 1 和尾架 2 上的前、后中心顶尖定位、支撑与夹紧。头架主轴伺服电机 14 控制头架主轴的旋转速度,用来完成球阀 2 绕自身轴线的旋转运动。旋磨盘主轴伺服电机 5 控制旋磨盘 3,用来实现旋磨盘绕自身轴线的旋转运动,即磨削运动。通过横向伺服电机控制高速旋转的旋磨盘 3 沿自身的回转轴线方向作进给运动。上述结构即可满足球阀球面磨削的范成运动要求。

[0024] 本发明在上述球阀磨床的基础上,设计一套基于三个电涡流位移传感器的自动检测装置。如图 1,图 2 所示,三个电涡流位移传感器通过定位机构安装在一维数控滑台 13 上,一维数控滑台 13 安装在机床工作台上,既可随工作台移动,也可以进行独立的单坐标运动,独立的单坐标运动是靠一维数控滑台伺服电机 9 的驱动实现。如图 3 所示,定位机构包括导套 15、锁紧螺母 16、导柱 17、螺栓螺母 18,套筒 19,齿轮 20,齿条 21。导柱 17 上端连接传感器,下端通过锁紧螺母 16 固定于导套 15 上,导柱 17 与导套 15 的固定点可手动调整。导套 15 与齿轮 20 连接在同一转轴上,齿轮 20 通过齿条 21 与液压缸 22 相接,在液压缸 22 的驱动下,齿轮 20 带动导套 15 在垂直面方向转动,从而调整传感器在垂直面上的角度。

[0025] 导套 15 的顶部加工成锥面,并切出四道开口。当旋入锁紧螺母 18 时,在轴向力的作用下,导套 15 的锥面向内收缩,从而将导柱 17 夹紧。导柱 17 上端加工通孔,与套筒 19 相配合,传感器通过螺纹联接安装在套筒上,并通过锁紧螺母固定。

[0026] 下面详细描述上述装置的工作原理。

[0027] (一) 球阀磨削前旋磨盘与球阀的自动对心。

[0028] (1) 电涡流位移传感器的初始位姿确定步骤:

[0029] 根据待磨削球阀尺寸,首先利用本磨床磨削出对应的标准球阀;显然,磨削完毕时此标准球阀的中心线与旋磨盘回转轴线重合。一维数控滑台伺服电机 9 驱动一维数控滑台 13 纵向运动,直至第二传感器 11 的测量轴线与旋磨盘 3 的回转轴线重合。在液压缸 22 的驱动下,齿轮 20 带动导套 15 在垂直面方向转动,使得各传感器测量轴线与磨床前、后中心顶尖连线(即球阀回转轴线)及旋磨盘回转轴线位于同一平面上。调整导柱导套机构使得各传感器测量轴线始终指向球阀回转轴线与旋磨盘回转轴线的交点。从图 1 所示的俯视图上看,三个传感器环绕标准球阀的最大圆周分布,第二传感器 11 的测量轴线与旋磨盘回转轴线重合,左右两个传感器 12,10 关于旋磨盘回转轴线对称布置,左、中及中、右传感器测量轴线均成 45 度夹角。调整套筒 19 的伸缩量,从而调整传感器探头与球阀表面的间隙,使其初始位置对应于电涡流位移传感器输出特性曲线的中点值。设定传感器在此安装位置为初始零位置,并令传感器在初始零位置处沿测量轴线方向接近标准球阀时输出信号为负,反之为正。

[0030] (2) 待加工球阀与旋磨盘的对心步骤:

[0031] 将旋磨盘 3 和一维数控滑台 13 退回工作原点，取下标准球阀，安装待加工球阀。通过伺服电机驱动，磨床工作台与检测装置运动到步骤 (1) 设置好的初始位置。为了使球阀 2 的中心线与旋磨盘 3 的回转轴重合，驱动工作台带动球阀 2 纵向运动。在纵向运动过程中，传感器也会随着工作台运动，为保证传感器与旋磨盘 3 的相对位置关系保持不变，一维数控滑台伺服电机 9 驱动一维数控滑台 13 相对于工作台做反向运动，且运动的距离、速率均等于工作台的距离、速率；即虽然工作台带动待磨削球阀及其上的数控滑台一起运动，但一维数控滑台利用自身的反向运动，在工作台做对心运动期间，都可保证传感器与旋磨盘的相对位置关系保持不变。

[0032] 启动头架主轴电机 14，球阀 2 绕其回转轴线做旋转运动，三个传感器开始采集位移信号。第一传感器 10、第三传感器 12 输出连续信号，而第二传感器 11 则由于球阀 2 上有通孔，其采集的信号呈方波周期性变化。球阀 2 每转一转，其波形跳跃两次。根据第二传感器 11 的波形变化与球阀 2 之间的关系，即可确定球阀 2 的旋转周期。在球阀 2 同一运动周期内，对第一传感器 10、第三传感器 12 输出信号进行采样，然后分别求其平均值，该平均值即为传感器探头与球阀表面平均间隙，其处理方法如下：

[0033] 数控系统根据第二传感器信号，计算球阀回转一转的周期以及该周期的起始时刻和终止时刻。在这一周期内，分别计算第一、三传感器采样平均值。设传感器输出信号为  $x(t)$ ，在球阀回转的一个周期  $T$  内进行采样，其平均值可表示为：

$$[0034] \quad \bar{x} = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt \approx \frac{1}{T} \sum_{i=0}^{N-1} x_i \Delta t$$

[0035] 其中， $N$  为采样点数， $x_i$  为瞬时幅值， $\Delta t$  为 AD 转换器的采样周期。

[0036] 如果第一、三传感器的采样平均值在一定精度范围内相等，则球阀中心线与旋磨盘回转轴线重合。否则，说明球阀中心线与旋磨盘回转轴线不重合，需要进行调整，具体为：

[0037] 如果第一传感器的采样平均值  $\bar{x}_1$  小于第三传感器的采样平均值  $\bar{x}_2$ ，即第一传感器距离球阀表面的距离小于第三传感器，则令球阀向右运动，以增加左边的间隙，减少右边的间隙；如果第三传感器的采样平均值  $\bar{x}_2$  小于第一传感器的采样平均值  $\bar{x}_1$ ，即第三传感器距离球阀表面的距离小于第一传感器，则令球阀向左运动，以增加右边的间隙，减少左边的间隙。

[0038] 根据第一、三传感器在球阀回转一个周期内的采样平均值的差值，决定球阀下一步将向何方向纵向运动以及运动的距离，并将控制指令送到伺服电机，伺服电机驱动工作台和一维数控滑台做相应的运动。如此反复，直到第一、三传感器在一个球阀回转周期内的采样平均值相同，此时球阀与旋磨盘完成对心。

[0039] 例如，各传感器输出信号如图 4 所示，则表明球阀中心偏左。在球阀的一个运动周期内，数控系统对第一传感器 10、第三传感器 12 分别进行数据采样，采样点数可取 1024 点。计算各采样平均值  $\bar{x}_1$ 、 $\bar{x}_2$ ，并求出其差值  $\Delta = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$ 。由  $\Delta < 0$ ，数控系统判断工作台下一步向右运动。在工作台向右运动的过程中，传感器继续实时检测。若以工作台纵向位移为横坐标，传感器输出信号为纵坐标，则在此过程中各传感器信号——位移图如图 5 所示。当工作台纵向运动位移为  $s_0$  时， $\Delta_0 = \bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0$ ，则表明球阀与旋磨盘对心完毕，各传感器最终输出信号如图 6 所示。

[0040] (二) 球阀磨削中对球阀尺寸在线实时检测

[0041] 在调整好传感器与标准球阀的位置关系之后,各传感器初始输出信号为零,标准球阀尺寸即为传感器所检测球阀的初始尺寸值。当待加工球阀与旋磨盘实现精确对心后,由于球阀实际尺寸均略大于标准球尺寸,传感器输出信号为负。显然,如果此时三个传感器输出信号均为正,则待加工球阀的半径小于最小球阀半径,表明该球阀为废品,数控系统给出报警出错信息,提醒操作者无需继续加工。在球阀磨削过程中,球阀尺寸缓慢减小,球阀表面与传感器探头的间隙逐渐增大,则传感器的输出信号值逐渐增大。在球阀的一个运动周期内,由于第二传感器输出信号呈周期性跳跃,数据采集分两种情况进行:首先,在第二传感器的非零输出信号所表示的时间段内,对三个传感器的输出信号同时进行数据采集。其次,在第二传感器的零输出信号所表示的时间段,对第一、三传感器的输出信号同时进行数据采集。然后由数控系统对这两种情况分别计算平均值 $\bar{x}_1$ 和 $\bar{x}_2$ ,得到球阀尺寸的变化值。通过实验论证,确定这两种情况的所占的加权因子 $\lambda_1$ 和 $\lambda_2$ ,其中 $\lambda_1 \in (0, 1)$ , $\lambda_2 \in (0, 1)$ ,且 $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$ 。从而计算出球阀尺寸的综合变化值 $\Delta' = \lambda_1 \bar{x}_1 + \lambda_2 \bar{x}_2$ 。由初始尺寸 $D_0$ 及尺寸的综合变化值 $\Delta'$ ,最终求取球阀的实际尺寸 $D = D_0 - \Delta'$ ,因此实现了对球阀尺寸的实时检测。

[0042] 以上所述为本发明的较佳实施例而已,但本发明不应该局限于该实施例和附图所公开的内容。所以凡是不脱离本发明所公开的精神下完成的等效或修改,都落入本发明保护的范围。

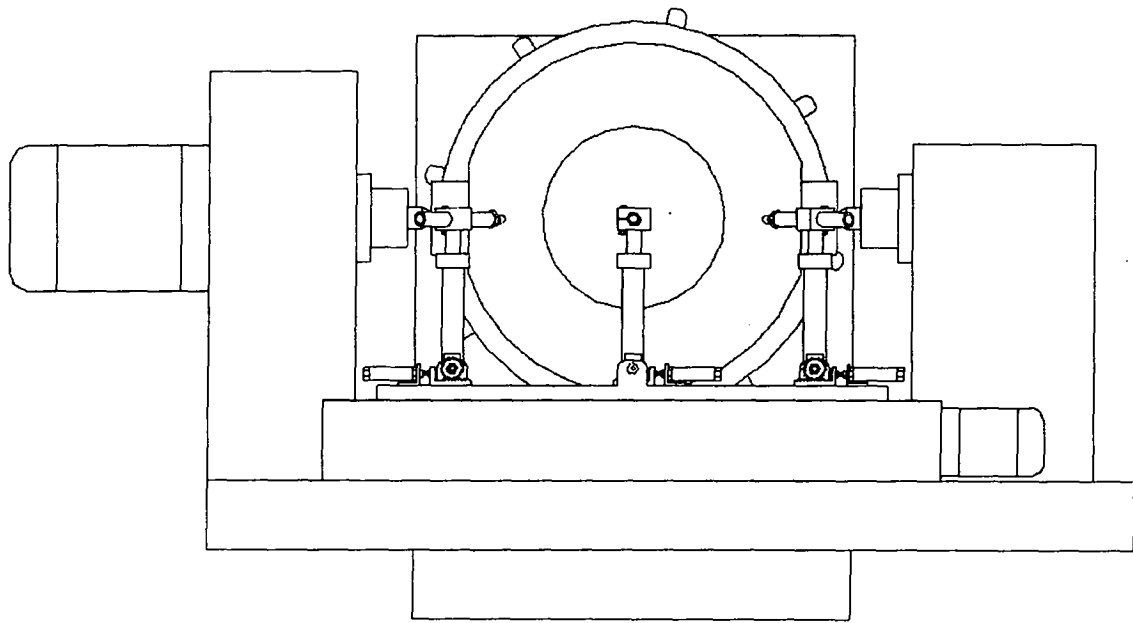


图 1

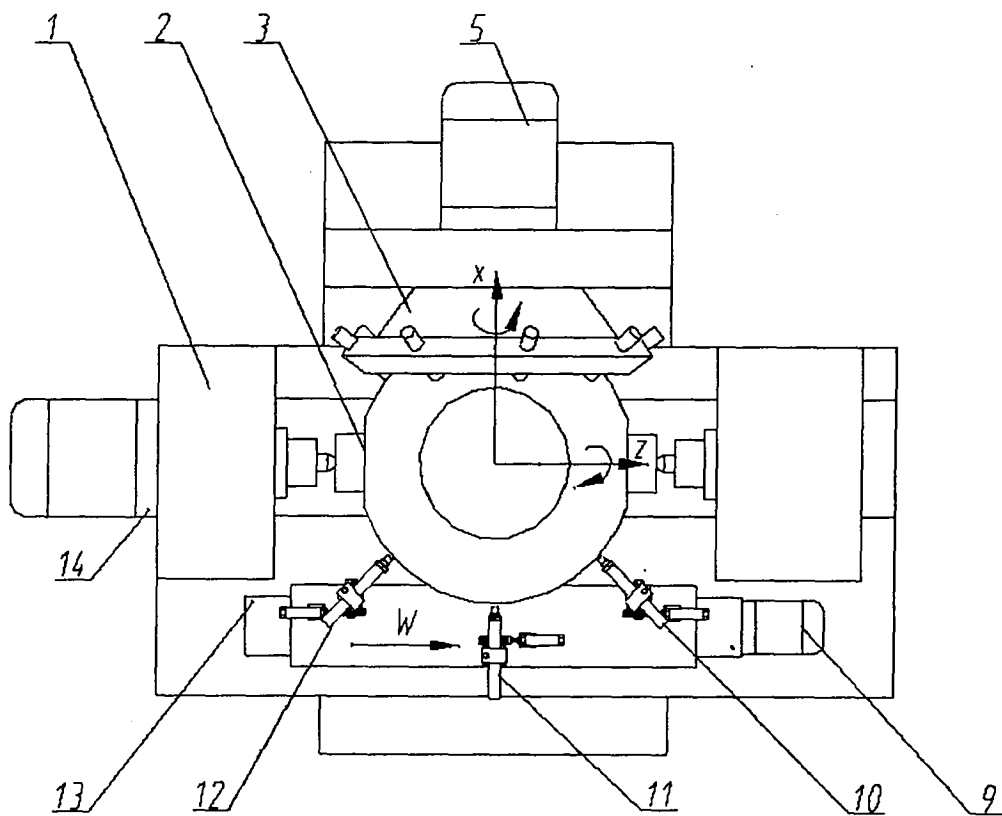


图 2



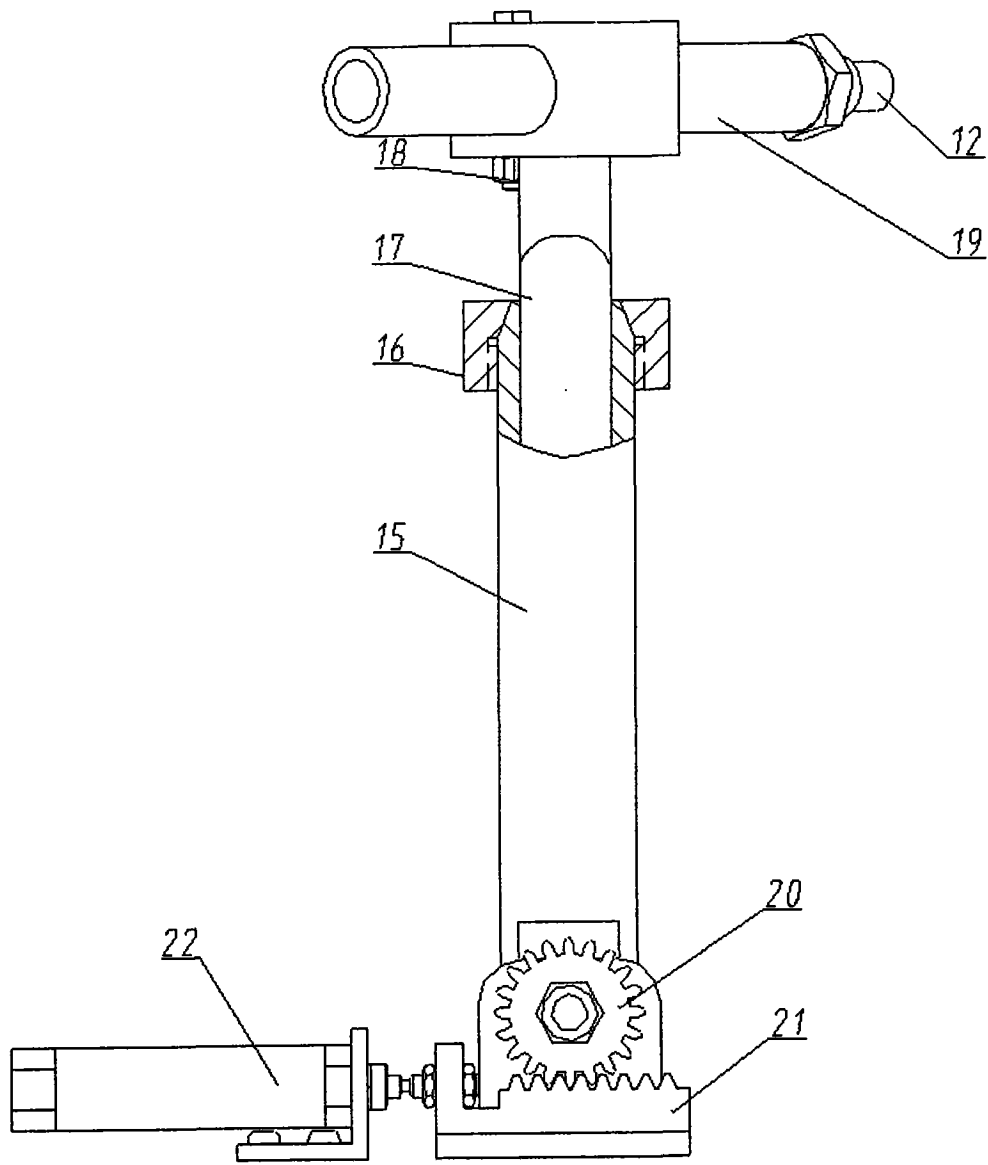


图 3

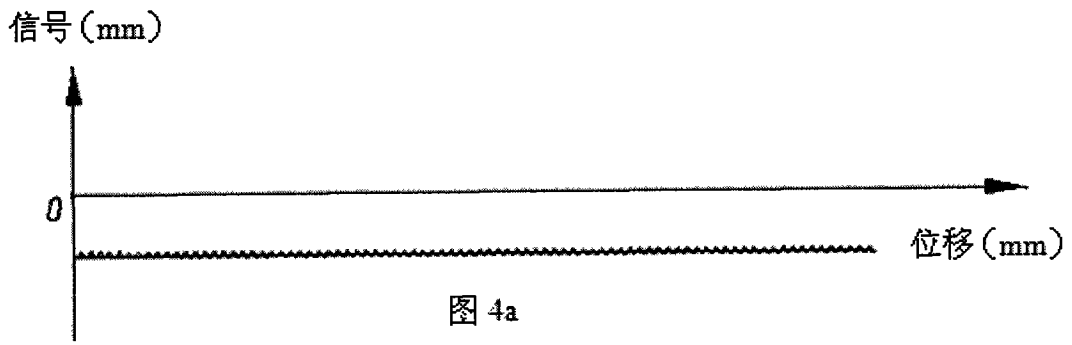


图 4a

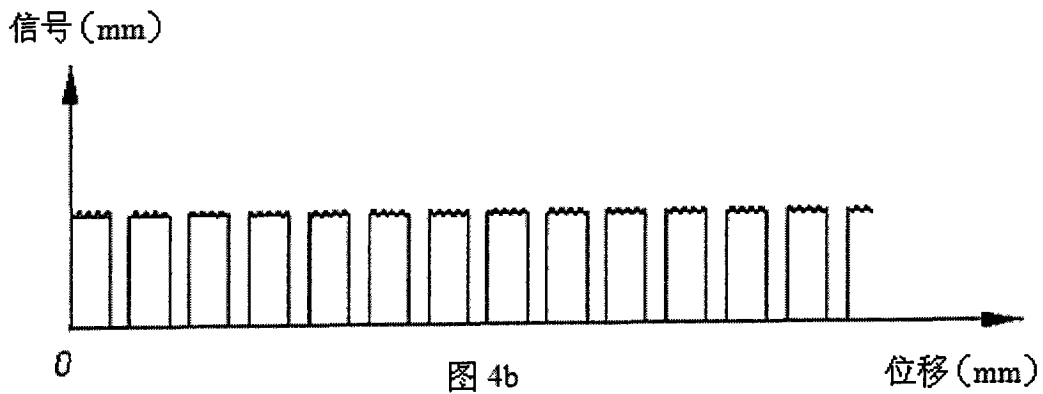


图 4b

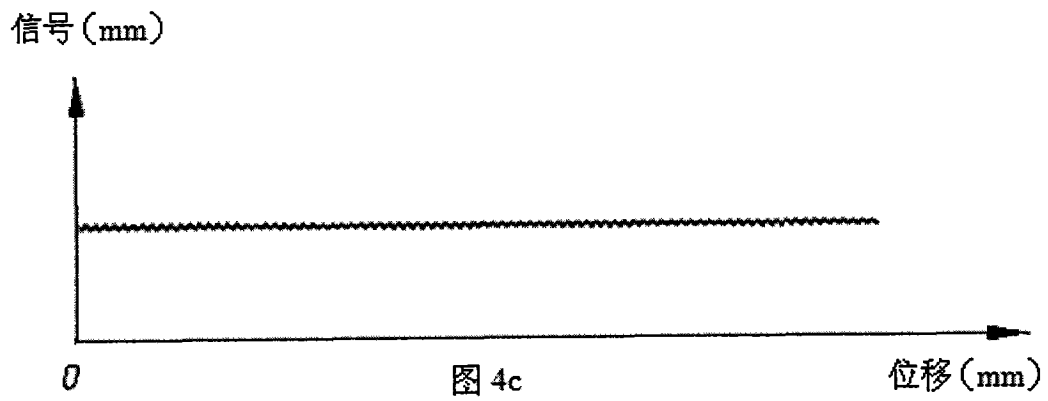


图 4c

图 4

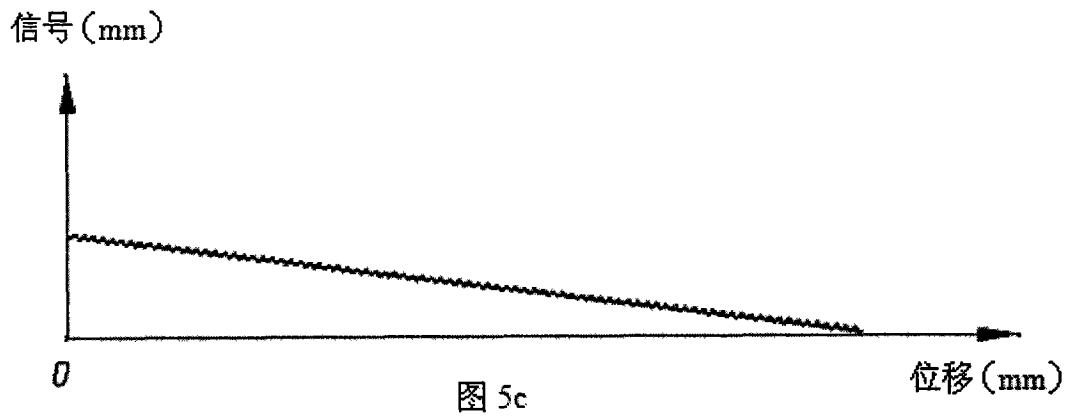
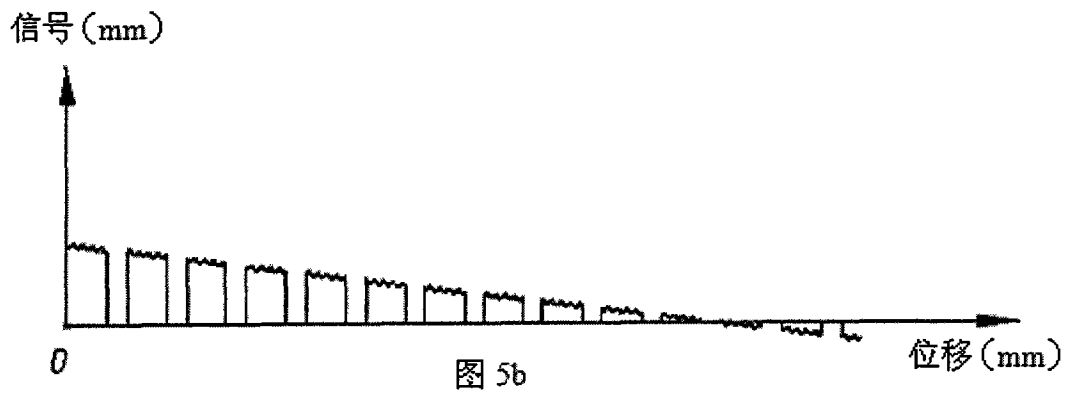
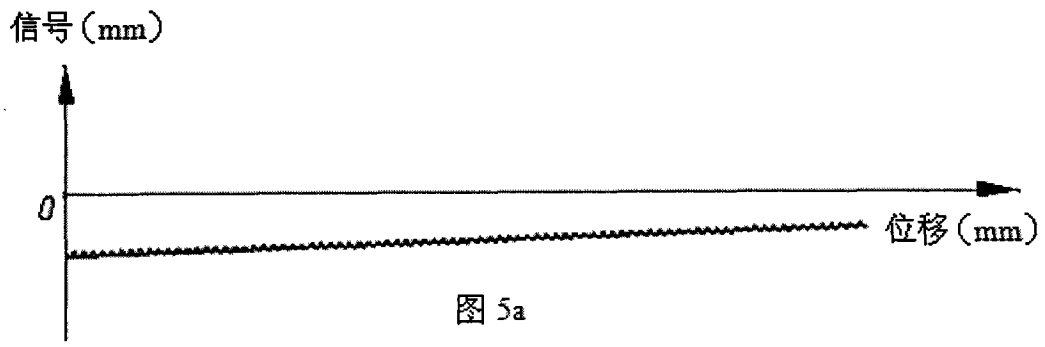


图 5

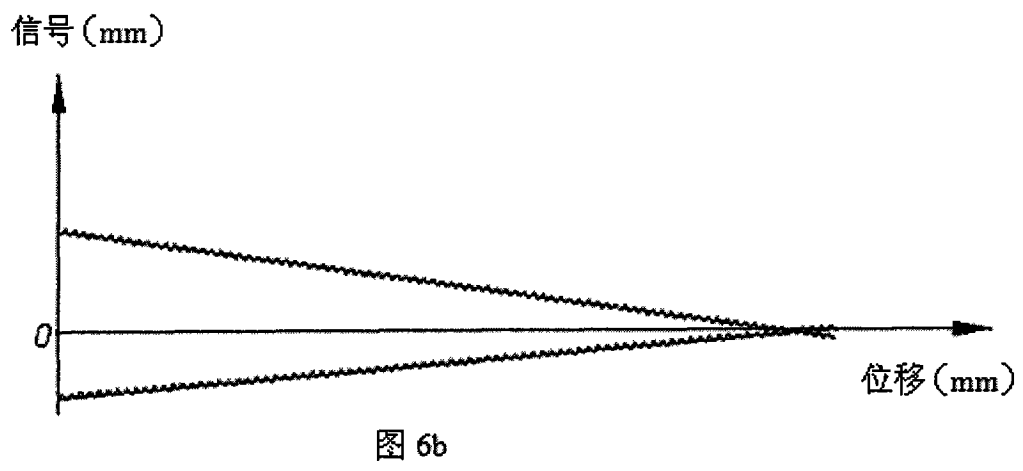
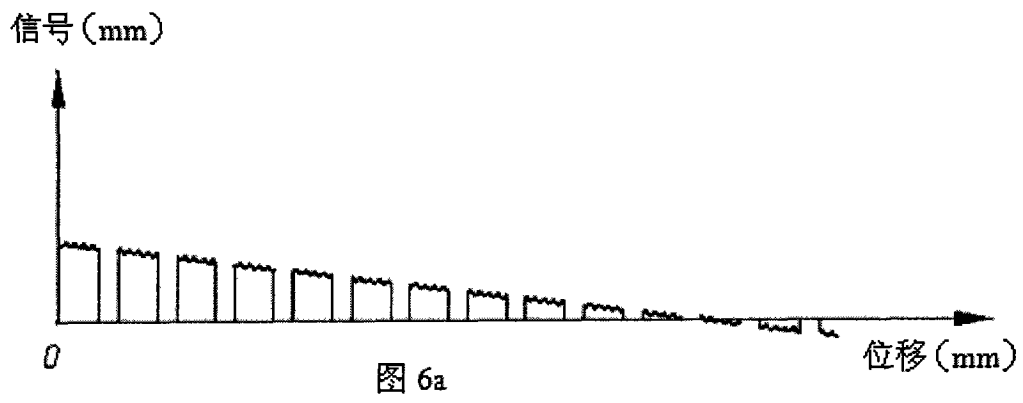


图 6