



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106989661 B

(45)授权公告日 2019.05.17

(21)申请号 201710141661.X

(22)申请日 2017.03.10

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106989661 A

(43)申请公布日 2017.07.28

(73)专利权人 天津大学
地址 300072 天津市南开区卫津路92号

(72)发明人 何改云 张肖磊 孙光明 黄灿
张贺帅

(74)专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代
理事务所 12201

代理人 刘子文

(51)Int.Cl.

G01B 7/02(2006.01)

G01B 11/26(2006.01)

(56)对比文件

CN 203550920 U,2014.04.16,
CN 104807417 A,2015.07.29,
CN 103278110 A,2013.09.04,
CN 1535371 A,2004.10.06,
CN 104634283 A,2015.05.20,
CN 104748702 A,2015.07.01,
CN 104390586 A,2015.03.04,
SU 528444 A1,1976.08.30,

审查员 王芳芳

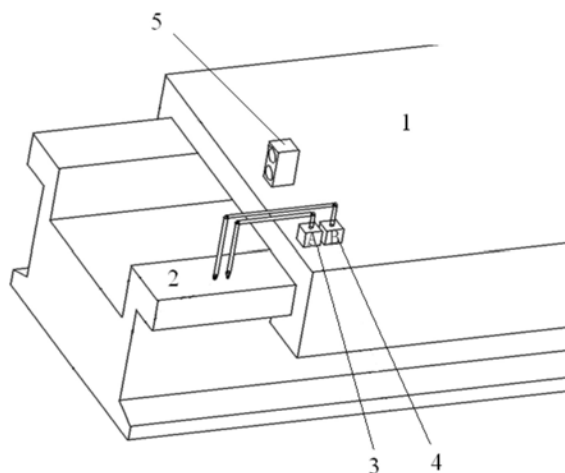
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种测试机床静压导轨表面形状误差的方法

(57)摘要

本发明公开了一种测试机床静压导轨导向面形状误差的方法,包括以下步骤:(1)规划静压导轨导向面上测试采样点的个数;(2)在工作台上表面安装激光干涉仪,用于测量测量工作台的俯仰角;(3)在工作台上安装两个位移传感器,用于测量以工作台为基准的静压导轨表面变化量;(4)根据递推测试每步的步距将静压导轨导向面待测部分均分并做标记;(5)开始测量,测量时由零点位置开始一次走一个步距,每个步距首尾相接并记录激光干涉仪和位移传感器的读数;(6)通过数据分析和处理得到静压导轨导向面的形状误差。该方法通过激光干涉仪和位移传感器相互配合,可以直接完成机床导轨导向面形状误差的测量。



1. 一种测试机床静压导轨导向面形状误差的方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 规划静压导轨导向面上测试采样点的个数;

(2) 在工作台上表面安装激光干涉仪,用于测量工作台的俯仰角;

(3) 在工作台上安装两个位移传感器,用于测量以工作台为基准的静压导轨表面变化量;

(4) 根据递推测试每步的步距将静压导轨导向面待测部分均分并做标记;

(5) 开始测量,测量时由零点位置开始一次走一个步距,每个步距首尾相接并记录激光干涉仪和位移传感器的读数;

(6) 通过数据分析和处理得到静压导轨导向面的形状误差,具体步骤如下:

(a) 当工作台相对于静压导轨导向面没有俯仰角度时,误差计算为:

$$e_z(x_k) = S_o(x_k) - \delta_z(x_k)$$

式中: $e_z(x_k)$ —相对基准的偏移量; $S_o(x_k)$ —位移传感器测量值; $\delta_z(x_k)$ —激光干涉仪测量值;

(b) 工作台随静压导轨导向面的变化而产生角度 θ 变化时,会使位移传感器的测量数据增大 $l\theta(x_k)$ 的量,此时的误差计算为:

$$e_z(x_k) = S_o(x_k) - [\delta_z(x_k) + l\theta(x_k)]$$

式中 l —测量点到旋转中心的距离;

(c) 按照静压导轨导向面上的测试采样点,按照步骤(2)中的计算公式有,相邻两个采样点的计算式分别是:

$$e_z(x_{k+1}) = S_A(x_k) - [\delta_z(x_k) + l_a\theta(x_k)]$$

$$e_z(x_{k+2}) = S_B(x_k) - [\delta_z(x_k) + l_b\theta(x_k)]$$

式中: S_A —位移传感器A测量值, S_B —位移传感器B测量值, l_a —测点 x_{k+1} 到旋转中心的距离, l_b —测点 x_{k+2} 到旋转中心的距离;

由于倾角很小,两测点间的距离作为两测点到旋转中心的距离之差,将上述两式相减得到递推公式:

$$e_z(x_{k+2}) = e_z(x_{k+1}) + S_B(x_k) - S_A(x_k) - l_{ab}\theta(x_k)$$

式中 l_{ab} —相邻测点间的距离长度,即步距;

初始条件为: $e_z(x_1) = 0, \theta(x_0) = 0, S_A(x_0) = 0, S_B(x_0) = 0$;因此, $e_z(x_2)$ 可由初始条件推出, $e_z(x_3)$ 可由 $e_z(x_2)$ 及测量数据推出,最终将所有点的 e_z 推出,即完成了静压导轨导向面形状误差的测量。

2. 根据权利要求1所述一种测试机床静压导轨导向面形状误差的方法,其特征在于,所述位移传感器通过磁力吸座固定于工作台上。

一种测试机床静压导轨表面形状误差的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及形状误差测量领域,更具体的说,是涉及一种测试机床静压导轨表面形状误差的方法。

背景技术

[0002] 世界范围内装备制造业的竞争,使得机床向高精度和大型化方向发展(蔡力钢,姜鑫,刘志峰,程强.一种关于直线导轨平行度误差的快速测量方法:CN,CN 104807417 A[P].2015.)。导轨的导向面形状误差是影响机床运动精度的重要影响因素,因此,准确获得导轨导向面形状误差是提高机床运动精度的重要前提,具有重要的现实意义。由于机床的高精度化及机床静压导轨在机床精密化中的重要位置,导致了机床静压导轨导向面形状误差难以直接测量和测量的难度较高的特点,现有的导轨导向面形状误差测试方法大多是在机床装配之前进行测量或者工作中的机床拆解后进行测量。所以需要一种简单方便且精度高的机床静压导轨导向面形状误差测试方法。

发明内容

[0003] 本发明的目的是为了克服现有技术中的不足,提供一种测试机床静压导轨表面形状误差的方法,该方法通过激光干涉仪和位移传感器相互配合,可以直接完成机床导轨导向面形状误差的测量,主要针对已装配好的机床和长期使用需要磨损检测的机床导轨导向面形状误差的检测。

[0004] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

[0005] 一种测试机床静压导轨导向面形状误差的方法,包括以下步骤:

[0006] (1) 规划静压导轨导向面上测试采样点的个数;

[0007] (2) 在工作台上表面安装激光干涉仪,用于测量测量工作台的俯仰角;

[0008] (3) 在工作台上安装两个位移传感器,用于测量以工作台为基准的静压导轨表面变化量;

[0009] (4) 根据递推测试每步的步距将静压导轨导向面待测部分均分并做标记;

[0010] (5) 开始测量,测量时由零点位置开始一次走一个步距,每个步距首尾相接并记录激光干涉仪和位移传感器的读数;

[0011] (6) 通过数据分析和处理得到静压导轨导向面的形状误差。

[0012] 所述位移传感器通过磁力吸座固定于工作台上。

[0013] 步骤(6)中数据分析和处理步骤如下:

[0014] (1) 当工作台相对于静压导轨导向面没有俯仰角度时,误差计算为:

[0015]
$$e_z(x_k) = S_o(x_k) - \delta_z(x_k)$$

[0016] 式中: $e_z(x_k)$ —相对基准的偏移量; $S_o(x_k)$ —位移传感器测量值; $\delta_z(x_k)$ —激光干涉仪测量值;

[0017] (2) 工作台随静压导轨导向面的变化而产生角度 θ 变化时,会使位移传感器的测量

数据增大 $1\theta(x_k)$ 的量,此时的误差计算为:

$$[0018] \quad e_z(x_k) = S_0(x_k) - [\delta_z(x_k) + 1\theta(x_k)]$$

[0019] 式中 1 —测量点到旋转中心的距离;

[0020] (3) 按照静压导轨导向面上的测试采样点,按照步骤(2)中的计算公式有,相邻两个采样点的计算式分别是:

$$[0021] \quad e_z(x_{k+1}) = S_A(x_k) - [\delta_z(x_k) + 1_a\theta(x_k)]$$

$$[0022] \quad e_z(x_{k+2}) = S_B(x_k) - [\delta_z(x_k) + 1_b\theta(x_k)]$$

[0023] 式中: S_A —位移传感器A测量值, S_B —位移传感器B测量值, 1_a —测点 x_{k+1} 到旋转中心的距离, 1_b —测点 x_{k+2} 到旋转中心的距离;

[0024] 由于倾角很小,两测点间的距离作为两测点到旋转中心的距离之差,将上述两式相减得到递推公式:

$$[0025] \quad e_z(x_{k+2}) = e_z(x_{k+1}) + S_B(x_k) - S_A(x_k) - 1_{ab}\theta(x_k)$$

[0026] 式中 1_{ab} —相邻测点间的距离长度,即步距;

[0027] 初始条件为: $e_z(x_1) = 0, \theta(x_0) = 0, S_A(x_0) = 0, S_B(x_0) = 0$;因此, $e_z(x_2)$ 可由初始条件推出, $e_z(x_3)$ 可由 $e_z(x_2)$ 及测量数据推出,最终将所有点的 e_z 推出,即完成了静压导轨导向面形状误差的测量。

[0028] 与现有技术相比,本发明的技术方案所带来的有益效果是:

[0029] 1. 对于运行一段时间的机床静压导轨磨损检测时不需要拆卸导轨。

[0030] 2. 可以对装配完整的机床进行导轨导向面形状误差检测,可以节省大量成本和时间。

附图说明

[0031] 图1是通过本发明方法测试时的三维状态示意图。

[0032] 图2是静压导轨导向面形状误差测试原理图。

[0033] 图3是通过本发明方法完成实验后的实验结果折线图。

[0034] 附图标记:1-工作台,2-静压导轨导向面,3-位移传感器A,4-位移传感器B,5-激光干涉仪

具体实施方式

[0035] 下面结合附图对本发明作进一步的描述:

[0036] 机床静压导轨测试系统由激光干涉仪部分和位移测量部分组成。激光干涉仪用来测量系统的转角误差;位移传感器用来测量以工作台1为基准的静压导轨导向面2的变化量。然后,通过数据分析与处理可得出导轨的导向面形状误差。

[0037] 如图1所示,激光干涉仪5固定在工作台1上,用于测量工作台1的俯仰角;在机床静压导轨工作台1的合适部位安装两个位移传感器,布局如图1所示,位移传感器A3和位移传感器B4之间的间距为 1_{ab} ,传感器示值分别为 $R_A(x)$ 、 $R_B(x)$ 。

[0038] 在安装好了镜组和位移传感器以后,根据递推测试每步的步距将静压导轨测量部分均分并做好标记,两个位移传感器测头在静压导轨上测点的距离为测试时的步距,取20mm,如图2中所示的 1_{ab} 。测量时由零点位置开始,一次走一个步距 1_{ab} ,首尾相接并记录激

光干涉仪和位移传感器的读数。

[0039] 机床静压导轨导向面形状误差测试原理如下：

[0040] 如图2所示，考虑俯仰角度的存在，位移传感器测出的误差读数将受到俯仰角度和测点到旋转中心距离的影响。以此为基础推算静压导轨导向面形状误差的计算过程如下：

[0041] (1) 当工作台相对于导轨基面没有俯仰角度时，有误差计算：

$$[0042] \quad e_z(x_k) = S_o(x_k) - \delta_z(x_k)$$

[0043] 式中： $e_z(x_k)$ —相对基准的偏移量； $S_o(x_k)$ —位移传感器测量值； $\delta_z(x_k)$ —激光干涉仪测量值；

[0044] (2) 工作台随着导轨导向面的变化而产生角度 θ 变化时，将会给测量结果带来一定的影响，如图中所示，将会使位移传感器的测量数据增大 $l\theta(x_k)$ 的量。此时的误差计算则为：

$$[0045] \quad e_z(x_k) = S_o(x_k) - [\delta_z(x_k) + l\theta(x_k)]$$

[0046] l —测点到旋转中心的距离；

[0047] (3) 在静压导轨上规划一系列的测试采样点，按照步骤(2)中的计算公式有，相邻两个采样点的计算式分别是：

$$[0048] \quad e_z(x_{k+1}) = S_A(x_k) - [\delta_z(x_k) + l_a\theta(x_k)]$$

$$[0049] \quad e_z(x_{k+2}) = S_B(x_k) - [\delta_z(x_k) + l_b\theta(x_k)]$$

[0050] S_A —位移传感器A测量值； S_B —位移传感器B测量值； l_a —测点 x_{k+1} 到旋转中心的距离； l_b —测点 x_{k+2} 到旋转中心的距离；

[0051] 由于倾角很小，所以用两测点间的距离作为两测点到旋转中心的距离之差，将上述两式相减可得到递推公式：

$$[0052] \quad e_z(x_{k+2}) = e_z(x_{k+1}) + S_B(x_k) - S_A(x_k) - l_{ab}\theta(x_k)$$

[0053] l_{ab} —相邻测点间的距离长度(步距)；

[0054] 初始条件为： $e_z(x_1) = 0, \theta(x_0) = 0, S_A(x_0) = 0, S_B(x_0) = 0$

[0055] 由上可知， $e_z(x_2)$ 可由初始条件推出， $e_z(x_3)$ 可由 $e_z(x_2)$ 及测量的数据推出，依此类推，可以将所有点的 e_z 推出，即完成了静压导轨导向面形状误差的测量。

[0056] 本实施例中的具体测试步骤如下：

[0057] 第一步，安装并调整激光干涉仪；本实施例采用雷尼绍XL80激光干涉仪，结合相应镜组实现角度测量，其测量精度可达0.5ppm；

[0058] 第二部，安装位移传感器，将工作台移到初始测量位置。本实施例中采用Lion ECA101电涡流位移传感器，其测量范围为10微米-6毫米，最佳分辨率可达0.4纳米；

[0059] 第三部，规划测量点，编写数控程序，进行测量；

[0060] 第四部，对测量结果进行处理：

[0061] (1) 初始条件 $S_A(x_0) = 0, S_B(x_0) = 0, \theta(x_0) = 0, e_z(x_1) = 0$ ，由初始条件计算：

$$[0062] \quad e_z(x_2) = e_z(x_1) + S_B(x_0) - S_A(x_0) - l_{ab} \cdot \theta(x_0)$$

$$[0063] \quad = 0 + 0 - 0 - 0.02 \cdot 0 = 0$$

[0064] (2) 由计算出来的 $e_z(x_2)$ ，及在 x_3 测量点测量的数据计算有：

$$[0065] \quad e_z(x_3) = e_z(x_2) + S_B(x_1) - S_A(x_1) - l_{ab} \cdot \theta(x_1)$$

$$[0066] \quad = 0 + (-5) - (-6) - 0.02 \cdot 3 = 0.94$$

[0067] (3) 由计算出来的 $e_z(x_3)$ 及在 x_4 点测量的数据计算有:

$$[0068] e_z(x_4) = e_z(x_3) + S_B(x_2) - S_A(x_2) - l_{ab} \cdot \theta(x_2)$$

$$[0069] = 0.94 + 5 - (-5) - 0.02 * (-2) = 10.98$$

[0070] 以此类推可算出其他测点的误差值,数量数据见表1。

[0071] 导轨测量长度为1000mm,步距为20mm,测点数量为50个,实验数据如表1所示:

[0072] 表1测试数据

[0073]

测点序号 k	$S_A(x_{k-1})(\mu m)$	$S_B(x_{k-1})(\mu m)$	$e_z(x_k)$	$\theta(x_{k-1})(\mu rad)$
1	0	0	0	0
2	-6	-5	0	3
3	-5	5	0.94	-2
4	6	-6	10.98	3
5	-5	-5	-1.08	-5
6	-5	6	-0.98	4
7	5	-6	9.94	5
8	-6	5	-1.16	4
9	5	-6	9.76	1
10	-5	5	-1.26	-3
11	6	-6	8.8	-5
12	-6	-5	-3.1	-2
13	-7	-6	-2.06	0
14	-8	-7	-1.06	1
15	-5	7	-0.08	-3
16	6	-6	11.98	-2
17	-5	5	0.02	0
18	7	5	10.02	3
19	7	-7	7.96	5
20	-7	-8	-6.14	2
21	-5	-6	-7.18	-1

[0074]

22	-6	-5	-8.16	-5
23	-6	-7	-7.06	0
24	-7	5	-8.06	-5
25	5	7	4.04	3
26	5	-7	5.98	4
27	-7	7	-6.1	3
28	5	5	7.84	-3
29	6	-7	7.9	-4
30	-7	5	-5.02	-3
31	5	-5	7.04	5
32	-5	6	-3.06	3
33	6	-7	7.88	2
34	-6	-5	-5.16	5
35	-5	6	-4.26	2
36	5	7	6.7	-2
37	7	7	8.74	-4
38	6	-8	8.82	3
39	-7	-6	-5.24	3
40	-6	8	-4.3	2
41	5	5	9.66	-5
42	7	-7	9.76	-1
43	-5	5	-4.22	0
44	6	8	5.78	3
45	5	-5	7.72	2
46	-7	7	-2.32	5

[0075]

47	6	7	11.58	3
48	5	-5	12.52	2
49	-7	5	2.48	1
50	6	7	14.46	-4
1	0	0	0	0

[0076] 实验结果的折线统计图见图3所示：

[0077] 本发明并不限于上文描述的实施方式。以上对具体实施方式的描述旨在描述和说明本发明的技术方案，上述的具体实施方式仅仅是示意性的，并不是限制性的。在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下，本领域的普通技术人员在本发明的启示下还可做出很多形式的具体变换，这些均属于本发明的保护范围之内。

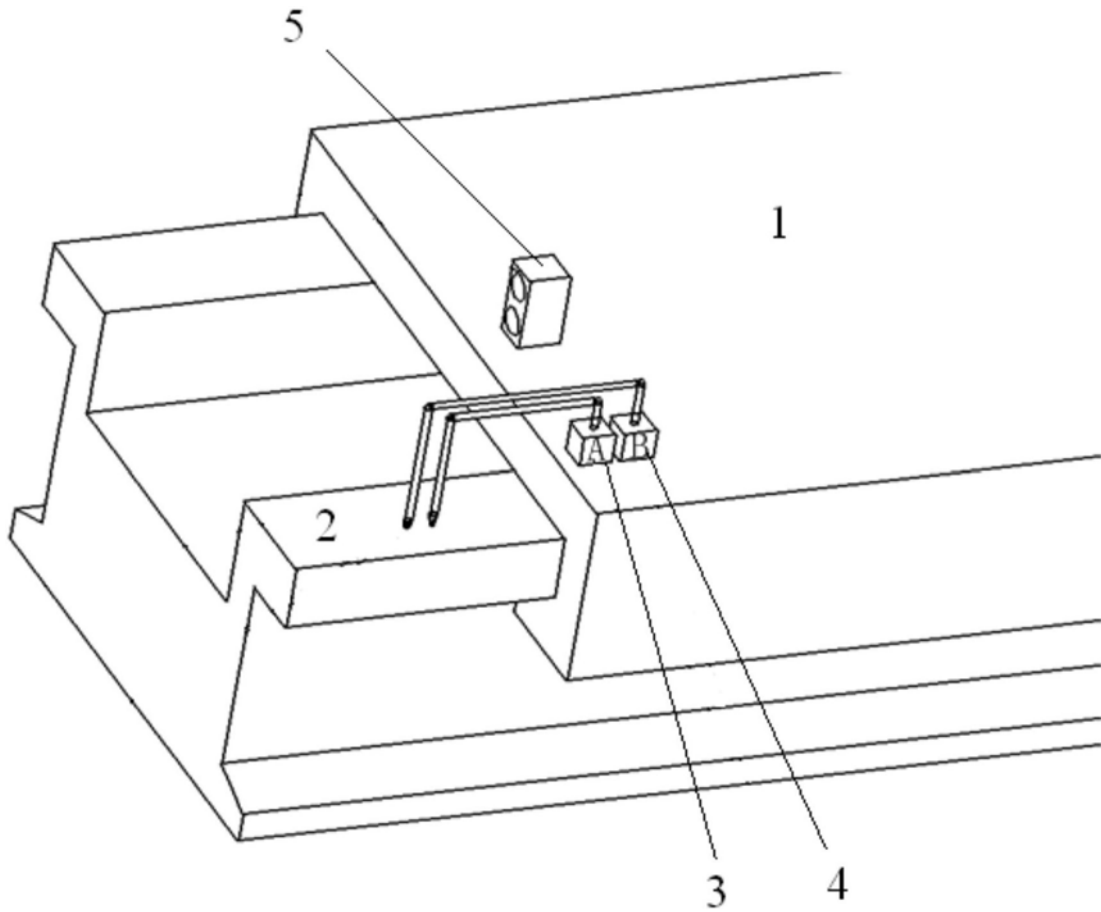


图1

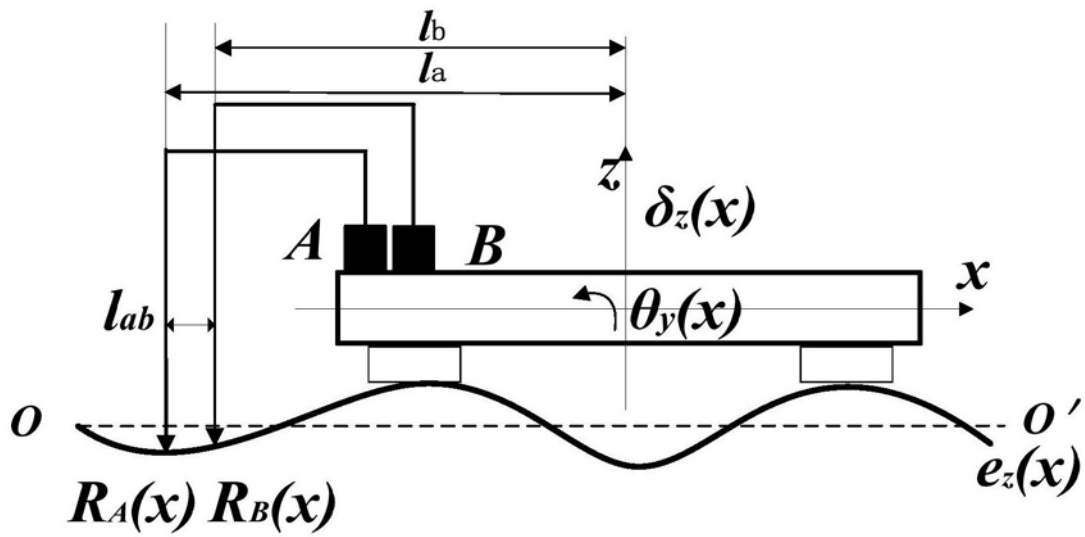


图2

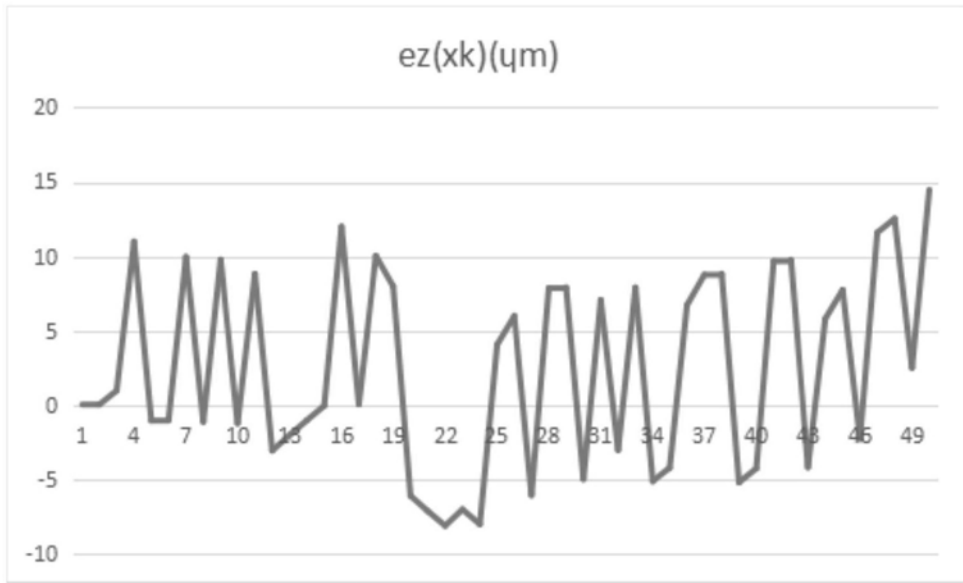


图3