



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110470239 B

(45) 授权公告日 2021.05.18

(21) 申请号 201910724147.8

审查员 陆颖莹

(22) 申请日 2019.08.07

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110470239 A

(43) 申请公布日 2019.11.19

(73) 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

(72) 发明人 赵辉 陶卫 吕娜 崔斌 冯宇

孙昊 南卓江 刘凯媚

(74) 专利代理机构 上海恒慧知识产权代理事务

所(特殊普通合伙) 31317

代理人 徐红银

(51) Int.Cl.

G01B 11/24 (2006.01)

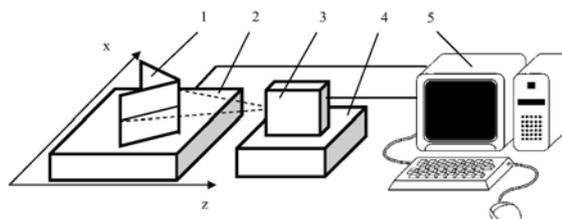
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

### (54) 发明名称

一种基于交叉点的激光轮廓传感器标定系统及方法

### (57) 摘要

本发明提供一种基于交叉点的激光轮廓传感器标定系统及方法,包括:标定物、二维工作台、激光轮廓传感器、定位机构和计算机,所述标定物固定于所述二维工作台之上并能随所述二维工作台移动,所述激光轮廓传感器位于所述定位机构之上并固定,所述标定物具有两个相交的平面,两个相交的平面的交线正对所述激光轮廓传感器;所述计算机连接所述二维工作台、所述激光轮廓传感器。本发明标定物具有两个相交的平面,利用线激光在两个平面上形成的直线的交点作为空间点,采用位移法对激光轮廓传感器进行标定,具有标定物简单、制作容易、空间点坐标计算精度高、不受变形影响等突出的优点,适用于任何类型的轮廓标定。



1. 一种基于交叉点的激光轮廓传感器标定系统,其特征在于,包括:标定物、二维工作台、激光轮廓传感器、定位机构和计算机,所述标定物固定于所述二维工作台之上并能随所述二维工作台移动,所述激光轮廓传感器位于所述定位机构之上并固定,所述标定物具有两个相交的平面,两个相交的平面的交线正对所述激光轮廓传感器;所述计算机连接所述二维工作台、所述激光轮廓传感器;其中:

所述二维工作台在所述计算机的控制下实现两个正交方向的平移,同时具有位移量的输出,作为位移基准;

所述激光轮廓传感器发出的线激光投向所述标定物的左右两个表面,并在所述标定物的两个相交的平面上分别产生两条相交的直线条纹,从而产生一个空间交点;

所述计算机控制所述二维工作台移动并带动标定物移动,实现空间交点在激光轮廓传感器的整个测量区域内移动,同时,获取来自所述二维工作台的移动位移量作为基准值,此外获取来自所述激光轮廓传感器的空间点坐标值,进而实现激光轮廓传感器全量程的标定和校准。

2. 根据权利要求1所述的基于交叉点的激光轮廓传感器标定系统,其特征在于,所述标定物采用具有漫反射特性的材料制作。

3. 根据权利要求1所述的基于交叉点的激光轮廓传感器标定系统,其特征在于,所述标定物面向所述激光轮廓传感器的两个相交的平面的夹角介于 $30^{\circ}\sim 150^{\circ}$ 。

4. 根据权利要求1所述的基于交叉点的激光轮廓传感器标定系统,其特征在于,所述二维工作台为内置精密光栅传感器的二维导轨系统,其中精密光栅的测量精度高于要求的标定精度3~5倍。

5. 根据权利要求1-4任一项所述的基于交叉点的激光轮廓传感器标定系统,其特征在于,所述定位机构内置精密二维调节机构,使所述激光轮廓传感器发出的线激光所在平面与所述二维工作台的移动平面平行,同时使所述激光轮廓传感器的线激光中心线方向与所述二维工作台的纵向移动方向平行。

6. 一种采用权利要求1-5任一项所述基于交叉点的激光轮廓传感器标定系统的激光轮廓传感器标定方法,其特征在于,包括:

S1,将标定物固定于二维工作台之上,激光轮廓传感器获取标定物的轮廓图像,同步读取二维工作台的两个维度的位移值,送入计算机进行处理;

S2,获取所述标定物的两个直线轮廓线的数据点;

S3,剔除两个直线轮廓线交点附近的数据点;

S4,利用S3处理后剩余的轮廓数据点分别对左右两段直线轮廓进行最小二乘直线拟合,得到相应的拟合直线方程;

S5,利用S4得到的两个拟合直线方程直接计算两个直线轮廓线交点的二维坐标值;

S6,将S5得到的两个直线轮廓线交点的坐标值分别与所述二维工作台的位移值相减,得到标定偏差值;

S7,将S6上述偏差值送入所述激光轮廓传感器并保存,作为实际轮廓测量时的校准依据。

7. 根据权利要求6所述的激光轮廓传感器标定方法,其特征在于,S2中,采用单像素级边缘提取算法获取所述标定物的左右两段直线轮廓线的数据点。

8. 根据权利要求6所述的激光轮廓传感器标定方法,其特征在于,S3中,剔除量不超过该段直线轮廓总数据点数量的10%。

## 一种基于交叉点的激光轮廓传感器标定系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及测量技术领域的标定系统与amp;方法,具体地,涉及一种基于交叉点的激光轮廓传感器标定系统及amp;方法。

### 背景技术

[0002] 轮廓测量不止在工业制造进程中发挥着重要作用,同时也被广泛应用于光学精密工程、航空航天、机器人、芯片制造、汽车制造、水下探测等领域,成为越来越多的工业应用领域中功能实现、设备数据获取、零件数据获取、精度分析、质量检测等必不可少的环节。

[0003] 随着制造精度的越来越高,非接触的轮廓测量逐渐成为主流趋势。其中,基于线结构光方法的激光轮廓传感器逐渐成为热点。该方法具有非接触、高精度、高速度、适用性广等突出的优势,成为轮廓测量的主流趋势。

[0004] 目前的激光轮廓传感器根据光学成像原理的不同,可以分为两种:一种是基于远心光路的激光轮廓传感器,可以保证在全量程范围内目标的成像大小基本不变,无需标定和定位,但是镜头尺寸长、导致测头体积大、使用不便、成本高。另一种是基于萨式成像的激光轮廓传感器,激光、接收镜、光电器件三者的空间位置延长线相交于空间点一点,可以实现横聚焦,测量精度高、测头体积小、实用性强、成本低,成为激光轮廓传感器发展的主导模式。但是,这种形式的激光轮廓传感器在全量程范围内的非线性非常严重,需要进行全量程标定和非线性校正。

[0005] 现有的激光轮廓传感器标定方法可以分为三种:

[0006] (1) 平面法:采用平面型棋盘格标定板,利用张正友算法进行标定。这种方法简便易行、使用广泛。但是,张正友算法并未考虑萨式成像的光学特殊性,其标定算法具有较大残差,因而标定精度低。

[0007] (2) 实物法:采用尺寸已知的实物标准件进行标定,可以直接校准轮廓算法的偏差。但是实物标准件的轮廓特征点数量有限、加工难度高,无法覆盖整个测量区域。

[0008] (3) 位移法:制作特定形状的标定物,通过位移来覆盖整个测量区域范围,其移动位移量由高精度位移传感器来测量。这种方法简便易行、精度高、范围广,因为最具发展前途。但是,现有的位移标定法都是采用球形标定物,利用球心作为空间点进行标定,而球形轮廓的制造难度大、制造误差将直接引入标定过程之中,而且在不同位置处的圆心测量误差也将直接产生标定误差,从而降低激光轮廓传感器的测量精度。

### 发明内容

[0009] 针对现有的激光轮廓传感器标定方法存在的精度低、效率差、实物标定物制作困难等问题,本发明提出一种基于交叉点的激光轮廓传感器标定系统及amp;方法,通过设置具有两个相交平面的标定物,利用线激光在两个平面上形成的直线的交点作为标定空间点,采用位移法对激光轮廓传感器进行标定。

[0010] 根据本发明的第一方面,提供一种基于交叉点的激光轮廓传感器标定系统,包括:

标定物、二维工作台、激光轮廓传感器、定位机构和计算机,所述标定物固定于所述二维工作台之上并能随所述二维工作台移动,所述激光轮廓传感器位于所述定位机构之上并固定,所述标定物具有两个相交的平面,两个相交的平面的交线正对所述激光轮廓传感器;所述计算机连接所述二维工作台、所述激光轮廓传感器;其中:

[0011] 所述二维工作台在所述计算机的控制下实现两个正交方向的平移,同时具有位移量的输出,作为位移基准;

[0012] 所述激光轮廓传感器发出的线激光投向所述标定物的左右两个表面,并在所述标定物的两个相交的平面上分别产生两条相交的直线条纹,从而产生一个空间交点;

[0013] 所述计算机控制所述二维工作移动并带动标定物移动,实现空间交点在激光轮廓传感器的整个测量区域内移动,同时,获取来自所述二维工作台的移动位移量作为基准值,此外获取来自所述激光轮廓传感器的空间点坐标值,进而实现激光轮廓传感器全量程的标定和校准。

[0014] 优选地,所述标定物采用具有漫反射特性的材料制作。

[0015] 优选地,所述标定物面向所述激光轮廓传感器的两个相交的平面的夹角介于 $30^{\circ}$ ~ $150^{\circ}$ 。

[0016] 优选地,所述标定物面向所述激光轮廓传感器的两个相交的平面的夹角介于 $90^{\circ}$ ~ $120^{\circ}$ 。

[0017] 优选地,所述二维工作台为内置精密光栅传感器的二维导轨系统,其中精密光栅的测量精度高于要求的标定精度3~5倍。

[0018] 优选地,所述定位机构内置精密二维调节机构,使所述激光轮廓传感器发出的线激光所在平面与所述二维工作台的移动平面平行,同时使所述激光轮廓传感器的线激光中心线方向与所述二维工作台的纵向移动方向平行。

[0019] 根据本发明的第二方面,提供一种激光轮廓传感器标定方法,包括:

[0020] S1,将标定物固定于二维工作台之上,激光轮廓传感器获取标定物的轮廓图像,同步读取二维工作台的两个维度的位移值,送入计算机进行处理;

[0021] S2,获取所述标定物的两个直线轮廓线的数据点;

[0022] S3,剔除两个直线轮廓线交点附近的数据点;

[0023] S4,利用S3处理后剩余的轮廓数据点分别对左右两端直线轮廓进行最小二乘直线拟合,得到相应的拟合直线方程;

[0024] S5,利用S4得到的两个拟合直线方程直接计算两个直线轮廓线交点的二维坐标值;

[0025] S6,将S5得到的两个直线轮廓线交点的坐标值分别与所述二维工作台的位移值相减,得到标定偏差值;

[0026] S7,将S6上述偏差值送入所述激光轮廓传感器并保存,作为实际轮廓测量时的校准依据。

[0027] 优选地,S2中,采用单像素级边缘提取算法获取所述标定物的两个直线轮廓线的数据点。

[0028] 优选地,S3中,剔除量不超过该段直线轮廓总数据点数量的10%。

[0029] 与现有技术相比,本发明具有如下的有益效果:

[0030] 本发明的激光轮廓传感器标定系统与方法采用具有两个相交平面的标定物,从而可以形成一个空间点,从而实现激光轮廓传感器整个测量区域的位移法标定,标定范围实现100%覆盖,标定点间隔可调,具有最大的适应性与灵活性。

[0031] 本发明的激光轮廓传感器标定系统与方法采用的标定空间点是由两个相交的直线轮廓通过拟合技术而得,可以有效克服镜头畸变的影响,具有左右的拟合精度,进而可以获得最佳的标定精度。

[0032] 本发明的激光轮廓传感器标定系统与方法采用的标定物简单易行,制作成本低,没有严格的精度约束,具有操作成本低、通用性好,可以适用于任何一个激光轮廓传感器的标定。

## 附图说明

[0033] 通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述,本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0034] 图1是本发明一实施例的激光轮廓传感器标定系统组成示意图;

[0035] 图2是本发明一实施例的标定物型式示意图;

[0036] 图3是本发明一实施例的激光轮廓传感器获得的标定物图像;

[0037] 图4是本发明一实施例的激光轮廓传感器提取的轮廓线;

[0038] 图5是本发明一实施例的轮廓拟合直线及交点示意图;

[0039] 图中,1-标定物,2-二维工作台,3-激光轮廓传感器,4-定位机构,5-计算机。

## 具体实施方式

[0040] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本发明,但不以任何形式限制本发明。应当指出的是,对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。

[0041] 参照图1所示,为本发明一实施例的激光轮廓传感器标定系统组成示意图,激光轮廓传感器标定系统包括标定物1、二维工作台2、激光轮廓传感器3、定位机构4、计算机5,其中:标定物1固定于二维工作台之上并能随二维工作台1移动,激光轮廓传感器3位于定位机构4之上并固定,标定物1具有两个相交的平面,两个相交的平面的交线正对激光轮廓传感器3;计算机5连接二维工作台2、激光轮廓传感器3的输出端;二维工作台2可以在计算机5的控制下实现两个正交方向的平移,同时具有位移量的输出,可供作为位移基准;激光轮廓传感器3置于一旁的定位机构4之上并可靠固定,激光轮廓传感器3发出的线激光投向标定物1的表面,并在标定物1的两个平面上分别产生两条相交的直线条纹、产生一个空间交点;计算机5与二维工作台2和激光轮廓传感器4相连接,一方面控制二维工作台2移动并带动标定物1移动,实现空间交点在激光轮廓传感器4的整个测量区域内移动,另一方面获取来自二维工作台2的移动位移量作为基准值,此外获取来自激光轮廓传感器4的空间点坐标值,进而实现激光轮廓传感器4全量程的标定和校准。

[0042] 在优选实施例中,标定物1采用具有漫反射特性的材料制作,以便保证最高的标定精度;例如可以采用白色陶瓷材料或者高稳定性白色有机玻璃制作。标定物1可以制作成多

种规则形状,例如三角形、矩形、多边形,但是要求面向激光轮廓传感器4的两个相交平面的夹角介于 $30^{\circ}\sim 150^{\circ}$ 为宜,优选地 $90^{\circ}\sim 120^{\circ}$ ,即为四边形、五边形、六边形,如图2所示。

[0043] 在优选实施例中,二维工作台2采用内置精密光栅传感器的二维导轨系统制作,精密光栅的测量精度应高于要求的标定精度3~5倍为宜。例如,假设激光轮廓传感器的测量精度要求为 $\pm 0.01\text{mm}$ ,则二维工作台2内置精密光栅传感器的测量精度应不低于 $\pm 0.01\text{mm}$ 为宜。二维工作台2可以采用现有技术实现。

[0044] 上述实施例中,定位机构4用于定位和固定激光轮廓传感器3,保证激光轮廓传感器3发出的线激光所在平面与二维工作台2的移动平面平行,同时保证激光轮廓传感器4的线激光中心线方向与二维工作台2的纵向移动方向平行。在优选实施例中,定位机构4内置精密调节机构,保证激光轮廓传感器4发出的线激光所在平面与二维工作台2的移动平面平行,同时保证激光轮廓传感器4的线激光中心线方向与二维工作台2的纵向移动方向(图1中的z轴方向)平行。定位机构4可以采用现有技术实现。

[0045] 基于上述系统的结构,本发明实施例还提供一种基于上述激光轮廓传感器标定系统的标定方法。

[0046] 在一优选实施例中,激光轮廓传感器标定方法具体包括以下几个步骤:

[0047] (1) 将标定物1固定于二维工作台2之上,激光轮廓传感器3获取标定物1的轮廓图像,如图3所示,同步读取二维工作台2的两个维度的位移值 $M_x$ 和 $M_y$ ,送入计算机5进行处理;

[0048] (2) 采用单像素级边缘提取算法获取两个直线轮廓线的数据点;如图4所示,左侧直线轮廓的数据点分别为 $L_0, L_1, L_2, \dots, L_{12}$ ,右侧直线轮廓的数据点分别为 $R_0, R_1, R_2, \dots, R_{10}$ ;

[0049] (3) 剔除两个直线轮廓线交点附近的数据点,剔除量不超过总数据点数量的10%为宜,减小过渡段轮廓对直线拟合精度的影响;假设前例中,左右两个直线轮廓的数据点数量分别为12和10,则可以分别剔除1个数据点(即 $L_0$ 和 $R_0$ ),因此左右两侧直线分别保留下的数据点分别为 $L_1, L_2, \dots, L_{12}$ 和 $R_1, R_2, \dots, R_{10}$ ;

[0050] (4) 利用剩余的轮廓数据点分别对左右两段直线轮廓进行最小二乘直线拟合,得到相应的拟合直线方程;对于前例,利用剩余的 $L_1, \dots, L_{12}$ 和 $R_1, \dots, R_{10}$ 分别拟合,得到左右两条拟合直线方程,分别为: $y = ax + b$ 和 $y = cx + d$ ,如图5所示;

[0051] (5) 利用得到的左右两个拟合直线计算其交点坐标;对于前例,交点坐标分别为: $x_0 = (d - b) / (a - c)$ ,  $y_0 = (ad - bc) / (a - c)$ ;

[0052] (6) 分别将计算得到的交点坐标值( $x_0, y_0$ )与二维工作台的位移值( $M_x, M_y$ )相减,得到标定偏差值;即: $\Delta x = x_0 - M_x$ ,  $\Delta y = y_0 - M_y$ ;

[0053] (7) 将上述偏差值 $\Delta x$ 和 $\Delta y$ 送入激光轮廓传感器4并保存,可以作为实际轮廓测量时的校准依据。

[0054] 本发明上述实施例的激光轮廓传感器标定系统与方法,采用具有两个相交平面的标定物,从而可以形成一个空间点,从而实现激光轮廓传感器整个测量区域的位移法标定,标定范围实现100%覆盖,标定点间隔可调,具有最大的适应性与灵活性;由两个相交的直线轮廓通过拟合技术,可以有效克服镜头畸变的影响,具有左右的拟合精度,进而可以获得最佳的标定精度,可以适用于任何一个激光轮廓传感器的标定。

[0055] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是,本发明并不局限于上述

特定实施方式,本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变形或修改,这并不影响本发明的实质内容。

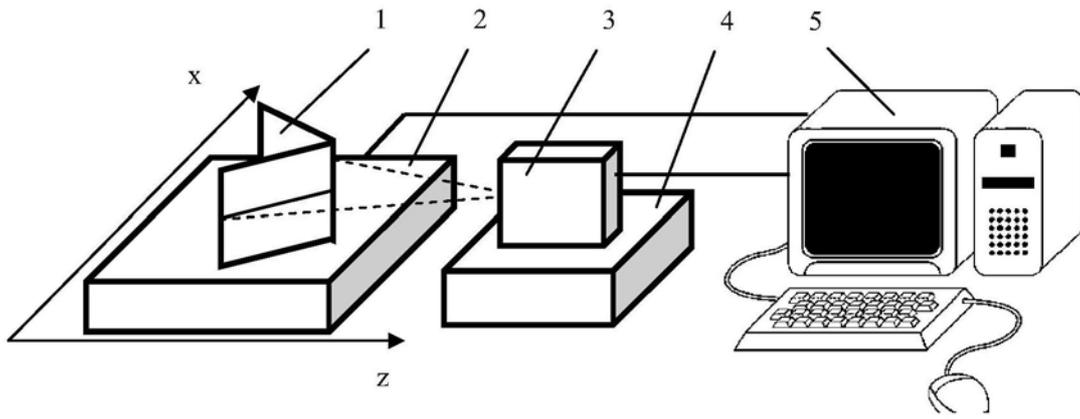


图1

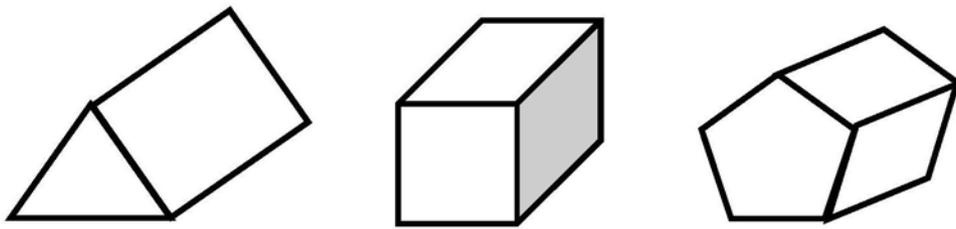


图2

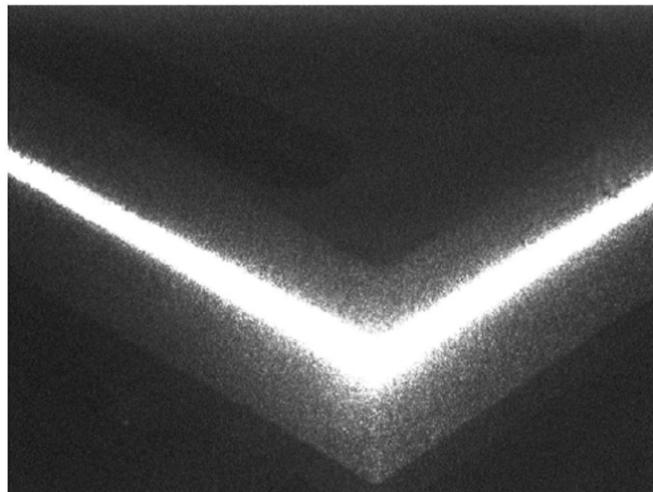


图3

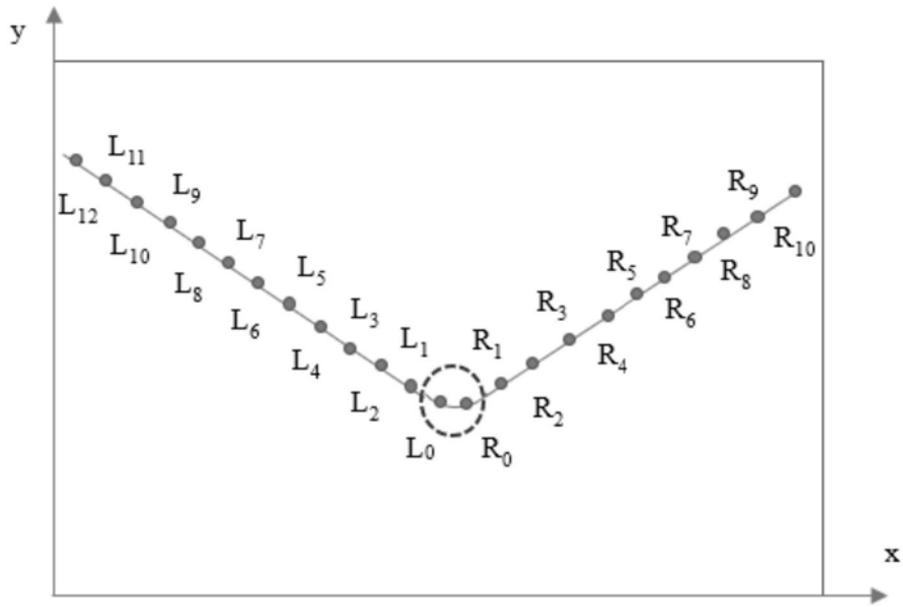


图4

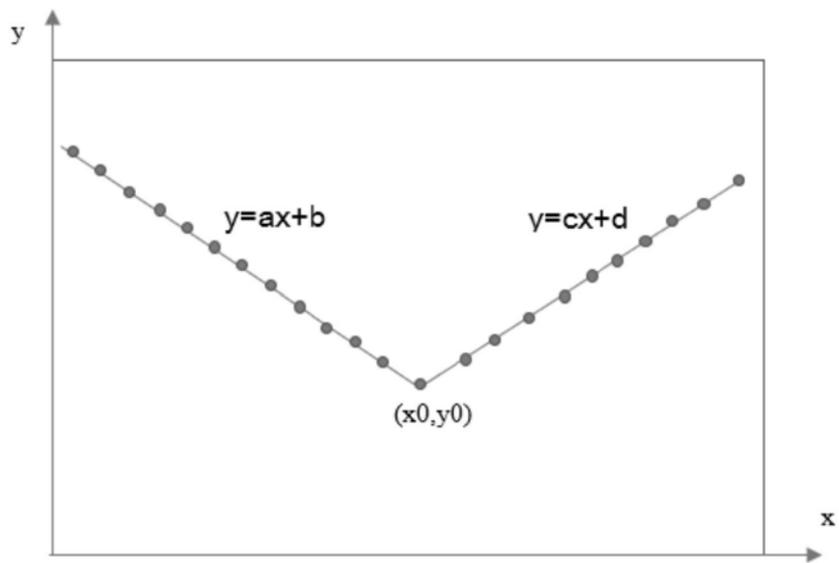


图5