

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G01B 11/00 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910068536.6

[43] 公开日 2009年9月9日

[11] 公开号 CN 101526336A

[22] 申请日 2009.4.20

[21] 申请号 200910068536.6

[71] 申请人 陈炳生

地址 300190 天津市南开区天拖南昌宁南里 8  
-3-31

[72] 发明人 陈炳生 刘宝瑛 周涛 戴清华

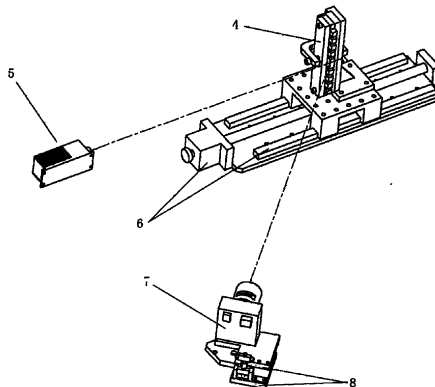
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

## [54] 发明名称

基于量块的线结构光三维视觉传感器标定方法

## [57] 摘要

一种基于量块的线结构光三维视觉传感器标定方法，它是将不同规格的量块间隔排布，再将量块靶标固定在移动导轨上，确保量块靶标被测面垂直于导轨移动方向，移动导轨获得量块靶标与光条交点在空间坐标系下的轴线坐标，代入线结构光传感器的数学模型进行计算，得到传感器参数等步骤。本发明具有以下优点：量块是标准量具，精度高，成本低，以量块间隔排布的方式建立靶标，激光投射器投射到量块被测面上的光条，由于量块的排布方式会出现不连续的情况，而其中每段光条的长度就是量块的标称厚度。靶标的精度极大的提高，同时降低了成本，实现了比较好的性价比。



1、一种基于量块的结构光视觉传感器标定方法，其特征在于：  
依次包括下列步骤：

(1) 根据所需标定的图像区域，选择标称厚度小于摄像机视场范围的至少一种规格的量块进行间隔且交错排布，其中相邻的量块的被测面不能位于同一平面上，相间隔的量块的被测物位于同一平面上；

(2) 将量块靶标固定于一个移动导轨上，调整量块被测面，使其垂直于导轨移动方向，并且调整导轨，使量块被测面垂直于投射光平面；

(3) 通过移动靶标，使在导轨上处于不同位置，光投射器投射出横截面为矩形的光束，在量块被测面上产生一条不连续光条，调整光条，确保光条垂直于量块；

(4) 定义靶标在第一个位置，即距离传感器最近位置时光条和中心量块的光条端点，为空间测量坐标系的原点，然后沿不连续光条定义OY轴，沿导轨移动方向定义OX轴，建立空间坐标系；

(5) 由摄像机拍摄量块靶标图像，通过测量光条像素点与图像左下角间横向和竖向距离，获取这些不连续光条的像素坐标；

(6) 通过图像处理，从步骤(5)所获得光条像素坐标中寻找光条像素点中灰度值由白色跳变为黑色的像素，将其定义为光条端点，并提取各个光条两端端点的像素坐标(X,Y)，根据量块排布确定量块端点的坐标 $x_w$ ，根据靶标移动的步长来确定坐标 $y_w$ ，将他们组合即为靶标上各不连续光条端点在空间坐标系下的坐标 $(x_w, y_w, z_w)$ ，其中 $z_w$ 是光条所在平面的位置坐标，一般情况下为定值，默认为零，代入如式(1)的线结构光传感器的数学模型进行计算，可以得到摄像机的传感器参数R、t，

$$\begin{bmatrix} \omega \cdot X \\ \omega \cdot Y \\ \omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R & t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ z_w \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中， $\omega$ 表示一比例常数， $f$ 表示CCD摄像机的有效焦距， $R$ 为 $3 \times 3$ 的旋转矩阵， $t$ 为 $3 \times 1$ 的平移矢量。

## 基于量块的线结构光三维视觉传感器标定方法

### 技术领域

本发明属于视觉测量技术领域，特别涉及一种基于量块的线结构光三维视觉检测中传感器参数标定方法。

### 背景技术

目前，线结构光视觉传感技术采用的是非接触测量方式，测量范围较大，而且测量速度快、系统柔性好、精度适中，在产品在线检测、三维重建等领域有着广泛的应用。

线结构光传感器是一种基于光学三角测量原理的视觉测量系统。线结构光投射器投射单线或多线结构光到被测物体上，光条被被测物表面形状调制，用摄像机拍摄含有调制光条的被测物表面图像，根据摄像机与结构光平面的空间位置关系可以得到被测物表面的二维坐标。

常见的线结构光传感器参数标定方法有拉丝法、锯齿靶法、基于三维靶标的交比不变法，以及基于平面靶标的标定方法等。其中，

拉丝法需要人工测量亮点的坐标，操作复杂，测量误差较大，并且需要辅助设备。

锯齿靶法中标定靶的加工精度直接影响到标定点坐标的准确性。另外，加工成本高，齿棱有限，获得的标定点数目少。

基于三维靶标的交比不变法需要的三维靶标加工成本高，两个垂直平面之间容易出现遮挡，而且获得的标定点不多。

基于二维平面靶标的标定方法采用交比不变原理获得标定点，靶标上特征点很少。

郝继贵在中国专利 CN200510013231.7 中提出的一种基于共面参照物的线结构光传感器快速标定方法，此方法只能用于线结构光或多线结构光的标定。

张广军在中国专利 CN200810081873.4 中提出的一种基于二维交比不变的结构光传感器结构参数标定方法，该方法提出了通过获取线结构光多次投射在棋盘格型靶标平面上的光条点的标定方法。虽然可以获得较多的标定点，但棋盘格的制作是采用打印的方式，则其精度将比机械加工更低。

孙长库在中国专利 CN200410019980.6 中公开了关于结构光参数的标定所采用的靶标是一系列直线。同样可以保证标定点的数量，但制作方式的精度很低。

此外,在中国专利 CN200710115833.2、CN 02156599.6、CN 03142658.1 中分别提出了使用标准球、圆孔、十字叉丝、矩形块等靶标特征进行线结构光参数标定。但这些特征的机械加工精度和成本都是不能很好的满足要求的。

综上所述,目前线结构光标定还存在着提取特征点数量少,加工成本高,标定点坐标精度低等缺点。

### 发明内容

本发明的目的是为了克服上述的缺陷,提出一种基于量块的线结构光三维视觉传感器标定方法,它采用高精度、低成本的靶标对线结构光参数进行标定。

本发明采用的技术方案是:一种基于量块的结构光视觉传感器标定方法,其特征在于:依次包括下列步骤:

1、根据所需标定的图像区域,选择标称厚度小于摄像机视场范围的至少一种规格的量块进行间隔且交错排布,其中相邻的量块的被测面不能位于同一平面上,相间隔的量块的被测物位于同一平面上;

2、将量块靶标固定于一个移动导轨上,调整量块被测面,使其垂直于导轨移动方向,并且调整导轨,使量块被测面垂直于投射光平面;

3、定义靶标在第一个位置,即距离传感器最近位置时光条和中心量块的光条端点,为空间测量坐标系的原点,然后沿不连续光条定义 OY 轴,沿导轨移动方向定义 OX 轴,建立空间坐标系;

4、通过移动靶标,使在导轨上处于不同位置,光投射器投射出横截面为矩形的光束,在量块被测面上产生一条不连续光条,调整光条,确保光条垂直于量块;

5、由摄像机拍摄量块靶标图像,通过测量光条像素点与图像左下角间横向和竖向距离,获取这些不连续光条的像素坐标;

6、通过图像处理,从步骤 5 所获得光条像素坐标中寻找光条像素点中灰度值由白色跳变为黑色的像素,将其定义为光条端点,并提取各个光条两端端点的像素坐标  $(X, Y)$ , 根据量块排布确定量块端点的坐标  $x_w$ , 根据靶标移动的步长来确定坐标  $y_w$ , 将他们组合即为靶标上各不连续光条端点在空间坐标系下的坐标  $(x_w, y_w, z_w)$ , 其中  $z_w$  是光条所在平面的位置坐标, 一般情况下默认为零, 代入如式 (1) 的线结构光传感器的数学模型进行计算, 可以得到摄像机的传感器参数  $R, t$ ,

$$\begin{bmatrix} \omega \cdot X \\ \omega \cdot Y \\ \omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R & t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ z_w \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中， $\omega$  表示一比例常数， $f$  表示 CCD 摄像机的有效焦距， $R$  为  $3 \times 3$  的旋转矩阵， $t$  为  $3 \times 1$  的平移矢量。

所说的标称厚度小于视场范围，是指带有镜头的摄像机所能拍摄到的范围，这个范围一般用视场角来表征，而视场角的大小不仅与摄像机 CCD 的尺寸也有关，更与镜头焦距有关，焦距越短，视场角越大。因此这个标定方法是对已经形成的视场范围进行的标定，至于视场范围则没有任何要求，量块的取值范围只要不大于视场范围即可。

本发明基于量块的结构光传感器标定方法，在移动量块靶标的情况下，可以获取不同位置下的多个光条点，光条点的数量由量块的尺寸决定，即固定视场范围内量块尺寸越小，光条点数越多。通过图像处理获得所有位置下光条端点的坐标数据，再根据相关数学模型进行计算得到传感器参数。

本发明具有以下优点：量块是常见的标准量具，精度远高于一般的机加工件，但成本相对要低得多，可以作为标定过程的高精度标准源；以量块间隔排布的方式建立靶标，激光投射器投射到量块被测面上的光条，由于量块的排布方式会出现不连续的情况，而其中每段光条的长度就是量块的标称厚度。这样，与现有的其他标定方式相比，靶标的精度有了极大的提高，同时降低了成本，实现了比较好的性价比。

### 附图说明

附图 1 是本发明的三种量块组合方式图。

附图 2 是本发明的量块靶标结构示意图。

附图 3 是本发明的标定实验示意图。

附图 4 是本发明的摄像机采集的一种量块排布方式的靶标图像。

### 具体实施方式

实施例：本发明基于量块的结构光视觉传感器标定方法，在移动量块靶标的情况下，可以获取不同位置下的多个光条点，光条点的数量由量块的尺寸决定，即固定视场范围内量块尺寸越小，光条点数越多。通过图像处理获得所有位置下光条端点的坐标数据，再根据相关

数学模型进行计算得到传感器参数。

下面通过具体实施例和附图对本发明基于量块的结构光视觉传感器标定方法作进一步详细说明。

本发明标定系统由不同规格的量块、靶标、激光器和摄像机组成，以标称厚度为 3、7、10mm 的量块 2 为例，其中，量块的长度为 35mm，宽度为 9mm，这两个尺寸均不分量块规格，是固定不变的，以间隔且交错形式排列，如图 1 所示，固装于靶标夹板 1 之间，形成靶标 4，如图 2 所示，将靶标通过底座 3 固定于移动导轨 6 上，激光器 5 投射激光到靶标 4 上，形成光条，安装在调整支架 8 上的摄像机 7 拍摄含有光条的靶标图像，如图 3 所示；

基于量块的结构光视觉传感器标定方法，依次包括下列步骤：

1、调整量块被侧面，使其垂直于导轨移动方向，并且调整导轨，使量块被侧面垂直于激光器的投射激光平面；相邻的量块的被侧面不位于同一平面上，相间隔的量块的被测物位于同一平面上；

2、每间隔 10mm 在导轨上移动靶标，激光器投射出横截面为矩形的光束，在量块被侧面上产生一条不连续光条，调整光条，确保光条垂直于量块；

3、定义靶标在第一个位置，即距离激光器 500mm 时光条和中心量块的光条端点，为空间测量坐标系的原点，然后沿不连续光条定义 OY 轴，沿导轨移动方向定义 OX 轴，建立空间坐标系；

4、摄像机分别拍摄移动的量块靶标图像，如图 4 所示，通过测量光条像素点与图像左下角间横向和竖向距离，获取这些不连续光条的像素坐标；

5、通过图像处理，从步骤 4 所获得光条像素坐标中寻找光条像素点中灰度值由白色跳变为黑色的像素，将其定义为光条端点，并提取各个光条两端端点的像素坐标  $(X, Y)$ ，根据图 1 的量块排布确定量块端点的坐标  $x_w$ ，并根据靶标移动的步长来确定坐标  $y_w$ ，将他们组合即为靶标上各不连续光条端点在空间坐标系下的坐标  $(x_w, y_w, z_w)$ ，其中， $z_w$  是激光条所在平面的位置坐标，一般为定值，本例中  $z_w$  为 0，如表 1 所示，将其代入如式 (1) 的线结构光传感器的数学模型进行计算，可以得到摄像机的传感器参数  $R$ 、 $t$ ，

$$\begin{bmatrix} \omega \cdot X \\ \omega \cdot Y \\ \omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R & t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ z_w \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中， $\omega$  表示一比例常数， $f$  表示 CCD 摄像机的有效焦距， $R$  为  $3 \times 3$  的旋转矩阵， $t$  为  $3 \times 1$  的平移矢量。

表 1 标定数据

标定点标准坐标		标定点实测坐标		标定点标准坐标		标定点实测坐标	
坐标 $X_w$	坐标 $Y_w$	坐标 X	坐标 Y	坐标 $X_w$	坐标 $Y_w$	坐标 X	坐标 Y
0	-40	1069	188.4821	20	-3	1180	487.5521
0	-30	1071	268.6	20	0	1180	511.4058
0	-20	1061	349.8056	20	3	1181	534.9983
0	-10	1068	430.1543	20	10	1182	589.7439
0	-3	1069	486.0318	20	20	1183	668.8814
0	0	1069	510.2549	-20	-40	952	180.9335
0	3	1069	534.5432	-20	-30	950	262.8551
0	10	1070	590.5338	-20	-20	951	345.1667
0	20	1071	671.0503	-20	-10	953	427.7367
10	-40	1127	192.4861	-20	-3	954	484.9436
10	-30	1129	271.7308	-20	0	953	509.5879
10	-20	1126	351.63	-20	3	954	534.4226
10	-10	1124	431.6023	-20	10	955	591.6809
10	-3	1126	486.9357	-20	20	956	674.2471
10	0	1126	511.0046	30	-30	1231	278.0982
10	3	1126	534.8593	30	-20	1232	356.125
10	10	1126	590.3805	30	-10	1233	434.3474
10	20	1127	669.9487	30	-3	1234	488.4641
-10	-40	1008	185.363	30	0	1234	511.8432
-10	-30	1015	265.722	30	3	1234	535.2453
-10	-20	1014	347.2806	30	10	1235	589.4915
-10	-10	1011	429.1319	30	20	1236	667.5467
-10	-3	1012	485.5757	-30	-40	889	176.0982
-10	0	1013	510.14	-30	-30	893	258.4272
-10	3	1012	534.5945	-30	-20	891	342.1
-10	10	1013	591.3328	-30	-10	892	425.5232
-10	20	1014	672.8603	-30	-3	893	483.1409
20	-40	1173	197.0227	-30	0	893	508.4317
20	-30	1180	274.9701	-30	3	894	533.218
20	-20	1178	353.9588	-30	10	895	591.2959
20	-10	1180	432.8626	-30	20	896	674.4048

由表 1 数据可得以下参数结果：

$$R = \begin{bmatrix} 0.634865 & 0.010390 & 0 \\ 0.026362 & 0.999035 & 0 \\ -0.772165 & 0.042652 & 0 \end{bmatrix} t = \begin{bmatrix} 57.172275 \\ -3.563308 \\ 613.538321 \end{bmatrix}$$

$$f=25.788306$$

$$\omega=1.7457$$

以上所述，仅是本发明的较佳实施例而已，并非对本发明作任何形式上的限制，凡是依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰，均仍属于本发明技术方案的范围。



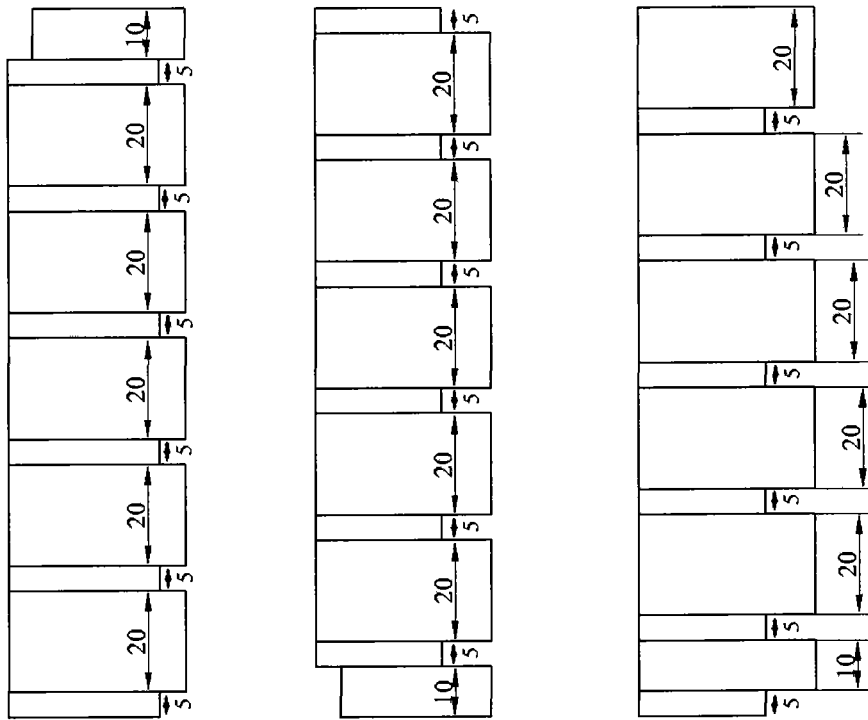


图 1

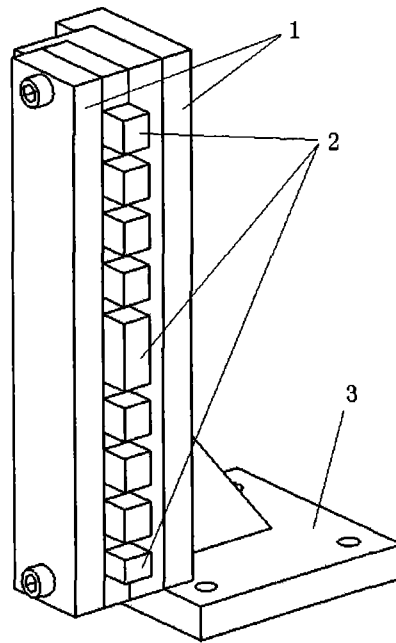


图 2

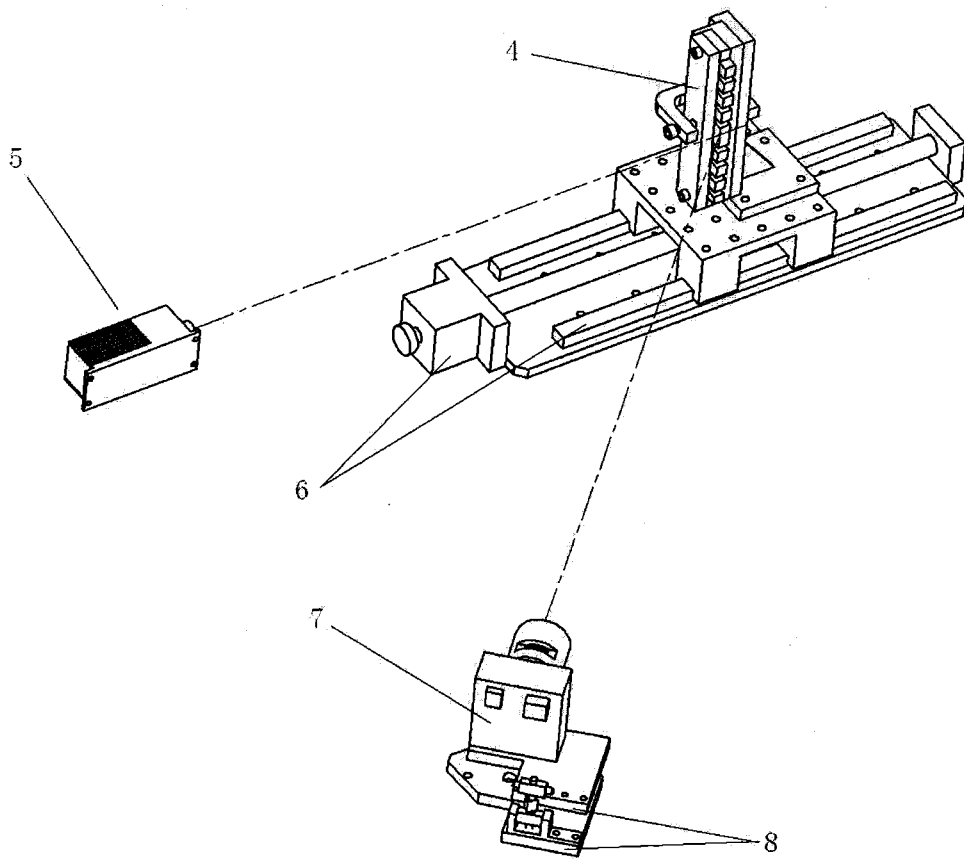


图 3

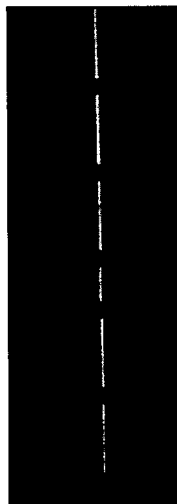


图 4