



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710156559.3

[45] 授权公告日 2009 年 5 月 13 日

[11] 授权公告号 CN 100486476C

[22] 申请日 2007.11.8

[21] 申请号 200710156559.3

[73] 专利权人 浙江理工大学

地址 310018 浙江省杭州市江干区经济技术开发区白杨街道 2 号大街 5 号

[72] 发明人 武传宇 贺磊盈 胡旭东 李秦川

[56] 参考文献

JP5 - 130905A 1993.5.28

US2006/0260151A1 2006.11.23

CN1205887C 2005.6.15

审查员 魏会敏

[74] 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公司

代理人 林怀禹

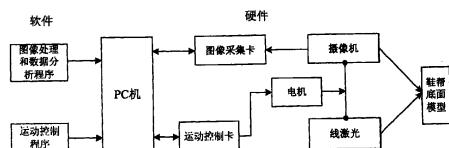
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

[54] 发明名称

基于线结构光传感器自动生成鞋底喷胶轨迹
的方法及系统

[57] 摘要

本发明公开了一种基于线结构光传感器自动生成鞋底喷胶轨迹的方法及系统。利用线激光、摄像机、移动平台和计算机实现获取鞋帮底面三维坐标数据，并自动生成喷胶轨迹。线激光连续扫描鞋帮底面，同时由摄像机采集激光扫描图像，通过图像处理，提取图像中的激光光条中心并转化成三维坐标，由此得到鞋帮底面的点云数据。根据这些点云数据生成喷胶轨迹。本发明的鞋底喷胶轨迹的生成方法与机器示教的方法相比具有定位精度高，操作方法简单，适应性强，效率高等优点，具有很大的优越性。



1.一种基于线结构光传感器自动生成鞋底喷胶轨迹的方法，其特征在于：

首先利用线结构光传感器连续扫描鞋帮底面，获得鞋帮底面的三维点云数据，然后根据喷胶参数自动生成喷胶轨迹，该方法包括下列步骤：

1) 利用线结构光传感器扫描鞋帮底面：

电机驱动水平轨道上的移动平台运动，移动平台带动线激光和摄像机一起移动，线激光照射到鞋帮底面，并有摄像机采集鞋帮底面图像；

2) 分析图像，获得鞋帮底面的三维点云数据：

提取图像中的激光光条中心，并根据线结构光的三维检测原理计算光条中心的三维坐标，最终得到鞋帮底面的三维点云数据；

3)根据上述得到的三维点云数据自动生成所需的喷胶轨迹：

首先根据所述的三维点云数据拟合得到一组三维扫描线，拾取所有三维扫描线的两个端点，利用封闭的 B 样条插值算法生成鞋帮底面的轮廓线，然后根据设定的喷胶工艺参数计算分布在理想轨迹曲线上的轨迹点，最后用 B 样条插值算法生成喷胶轨迹；

4)保存喷胶轨迹数据。

2.一种基于线结构光传感器自动生成鞋底喷胶轨迹的系统，其特征在于：鞋楦(1)固定在实验平台，摄像机(4)和线激光(2)安装在移动平台(3)，摄像机(4)和线激光(2)两者之间无相对运动，电机(5)驱动移动平台(3)运动，移动平台(3)带动线激光(2)连续扫描套在鞋楦(1)上的鞋帮底面，摄像机(4)采集图像，所述采集的图像经图像采集卡接入 PC 机， PC 机通过运动控制卡控制电机(5)。

3. 根据权利要求 2 所述的一种基于线结构光传感器自动生成鞋底喷胶轨迹的系统，其特征在于：所述的图像采集卡为 PXC-200L 系列。

4. 根据权利要求 2 所述的一种基于线结构光传感器自动生成鞋底喷胶轨迹的系统，其特征在于：所述的运动控制卡为 GT-400-SG 系列。

基于线结构光传感器自动生成鞋底喷胶轨迹的方法及系统

技术领域

本发明涉及一种鞋底喷胶轨迹的生成方法，尤其涉及一种基于线结构光扫描鞋帮底面生成喷胶轨迹的方法及系统。

背景技术

鞋底喷胶工序是机器制鞋的一道关键工艺，它在一定程度上决定了鞋子的质量。传统的鞋底喷胶工艺一般都采用手工或手工半自动化操作，生产效率低，喷胶性能无法得到有效保证，且黏胶剂挥发出来的有毒性气体严重威胁操作工人的身体健康。

实现鞋底喷胶工艺的自动化关键在于喷胶轨迹的自动生成。现有的轨迹生成方法大多数采用机器示教的方法，效率低，精度难以保证，操作复杂，对工人的技能要求比较高，因此这种机器示教的方法无法满足鞋底喷胶工艺实现自动化的所提出的要求。

发明内容

本发明的目的是提出一种基于线结构光传感器自动生成鞋底喷胶轨迹的方法及系统，它利用线结构光扫描鞋帮底面获得鞋帮底面的点云数据，并根据获得的点云数据生成喷胶轨迹。

本发明采用的技术方案是：

1. 一种基于线结构光传感器自动生成鞋底喷胶轨迹的方法：

首先利用线结构光传感器连续扫描鞋帮底面，获得鞋帮底面的三维点云数据，然后根据喷胶参数自动生成喷胶轨迹，该方法包括下列步骤：

1) 利用线结构光传感器扫描鞋帮底面：

电机驱动水平轨道上的移动平台运动，移动平台带动线激光和摄像机一起移动，线激光照射到鞋帮底面，并有摄像机采集鞋帮底面图像；

2) 分析图像，获得鞋帮底面的三维点云数据：

提取图像中的激光光条中心，并根据线结构光的三维检测原理计算光条中心的三维坐标，最终得到鞋帮底面的三维点云数据；

3) 根据上述得到的三维点云数据自动生成所需的喷胶轨迹：

首先根据所述的三维点云数据自动生成鞋帮底面的轮廓线，然后根据设定的喷胶工艺参数自动生成喷胶轨迹；

4) 保存喷胶轨迹数据。

2.一种基于线结构光传感器自动生成鞋底喷胶轨迹的系统：

鞋楦固定在实验平台，摄像机和线激光安装在移动平台，摄像机和线激光两者之间无相对运动，电机驱动移动平台运动，移动平台带动线激光连续扫描鞋楦鞋帮底面模型，摄像机采集图像，所述采集的图像经图像采集卡接入PC机，PC机通过运动控制卡控制电机。

本发明具有的有益效果是：

本发明只需要一个线激光，一个摄像机和一个扫描装置既可生成喷胶工艺所需的轨迹曲线。具有自动化程度高，柔性好，操作简单，易于维护，运行可靠等优点；与机器示教方法相比，轨迹精度高，效率大为增加；对操作人员的技能要求低，降低了工人的劳动强度，提高了制鞋生产率。

附图说明

图1是本发明系统的整体系统框架图。

图2是本发明的线结构光扫描鞋帮底面示意图。

图3是本发明的轨迹生成的流程图。,

图4是本发明中应用的线结构光三维检测模型图。

图中：1、鞋楦，2、线激光，3、移动平台，4、摄像机，5、电机。

具体实施方式

如图1、图2所示，本发明是将鞋楦1固定在实验平台，摄像机4和线激光2安装在移动平台3，摄像机4和线激光2两者之间无相对运动，电机5驱动移动平台3运动，带动线激光2连续扫描套在鞋楦1上的鞋帮底面，摄像机4采集图像经图像采集卡接入PC机，PC机通过运动控制卡控制电机5。

所述的图像采集卡为PXC-200L系列或相近产品。

所述的运动控制卡为GT-400-SG系列及相近产品。

如图1所示，本发明包括两部分：硬件部分和软件部分。硬件部分主要包括图像采集卡、摄像机、运动控制卡、电机、线激光和计算机；软件部分包括运动控制，图像处理和轨迹生成程序。图2所示的是根据线结构光检测原理构建的线结构光扫描鞋帮底面的实验装置。鞋楦1固定在实验平台，摄像机4和线激光2安装在移动平台3，两者之间无相对运动。当电机5驱动移动平台运动时，线激光连续扫描鞋帮底面，同时由摄像机采集图像。然后，分析图像，计算鞋帮底面的三维点云数据，进而生成鞋帮底面的轮廓线，最后根据喷胶工艺参数自动生成轨迹曲线。轨迹的生成流程如图3所示。

用于本发明的软件主要包括运动控制、图像处理和轨迹生成三部分。

运动控制程序负责控制电机的运动和获取移动平台的相对位置。

图像处理的具体步骤如下：

1) 图像滤波，使用中值滤波算法对原始图像进行滤波，去除图像中大部分的椒盐噪声；

2) 图像分割，用灰度级阈值化分割算法获得图像中的激光光条边缘的像素点；

3) 激光光条中心点的坐标计算，按列扫描滤波后的图像，用灰度重心法计算光条中心点坐标。

轨迹生成首先要求光条中心点的三维坐标转换，然后是轮廓线生成和轨迹曲线的计算，具体步骤如下：

(一) 光条中心点三维坐标的变换

图 4 中有四个不同的坐标系，分别表示如下：世界坐标系 O_w - X_w Y_w Z_w ，摄像机坐标系 O_c - X_c Y_c Z_c ，摄像机像面坐标系 O_i - XY 和计算机图像坐标系 O - UV 。

由图 4 线结构光的三维检测模型可知，如果已知世界坐标系到摄像机像面坐标系的变换矩阵 M ，以及线结构光平面在世界坐标系下的方程就可以实现基于线结构光传感器的三维重构，即实现从计算机图像坐标 (u, v) 到世界坐标 (x_w, y_w, z_w) 的变换，公式如下

$$\begin{cases} [u \ v \ 1]^T = M [x_w \ y_w \ z_w \ 1]^T \\ ax_w + by_w + cz_w + d = 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中 $ax_w + by_w + cz_w + d = 0$ 为线结构光平面方程。

变换矩阵 M 可由摄像机的各个坐标系之间的变换得到。

世界坐标系中坐标 (x_w, y_w, z_w) 到摄像机坐标系中坐标 (x_c, y_c, z_c) 的变换关系

$$\begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & T \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ z_w \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 & r_2 & r_3 & t_x \\ r_4 & r_5 & r_6 & t_y \\ r_7 & r_8 & r_9 & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ z_w \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中 R 为单位正交的旋转矩阵， T 为平移矢量。

摄像机坐标 (x_c, y_c, z_c) 与理想的像面坐标 (x_u, y_u) 的关系

$$z_c \begin{bmatrix} x_u \\ y_u \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中 f 为摄像机的有效焦距，考虑到图像的一阶径向畸变

$$\begin{cases} x_u = (1 + k\rho^2)x_d \\ y_u = (1 + k\rho^2)y_d \end{cases} \quad (4)$$

式中 $\rho^2 = x_d^2 + y_d^2$, k 为一阶径向畸变系数, 下标 u 表示理想的像面坐标, 下标 d 表示畸变后实际的像面坐标。

实际像面坐标 (x_d, y_d) 到计算机像素坐标 (u, v) 的变换

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x & 0 & u_0 \\ 0 & s_y & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_d \\ y_d \\ 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

式中 s_x, s_y 分别是摄像机 X、Y 方向的尺度因子, (u_0, v_0) 是光心的像素坐标。

由式(2), (3), (4), (5) 就能很容易地得到总变换矩阵 M 。矩阵 M 中的摄像机内外参数包括旋转矩阵 R , 平移矢量 T , 有效焦距 f , 畸变系数 k , 尺度因子 s_x, s_y 以及主点 (u_0, v_0) 均为待定参数, 这些参数可以通过摄像机标定得到。

激光光平面方程可以通过线结构光的机械标定法得到。令激光光平面方程为 $y_w = C$, C 为一常量, 即保持激光光平面始终与世界坐标系的 $X_wO_wZ_w$ 平面平行, 这就保证了每帧图像中的光条中心点在世界坐标系中的 Y 轴坐标 y_w 是确定的。由此, 根据式(1), 结合式(2)和式(3)就可以获得光条中心点在世界坐标系中的另外两个坐标值 x_w, z_w , 计算公式如下

$$\begin{bmatrix} x_w \\ z_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_u r_7 - fr_1 & x_u r_9 - fr_3 \\ y_u r_7 - fr_4 & y_u r_9 - fr_6 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} fr_2 y_w + ft_x - x_u r_8 y_w - x_u t_z \\ fr_5 y_w + ft_y - y_u r_8 y_w - y_u t_z \end{bmatrix} \quad (6)$$

由式(6)就可以得到鞋帮底面的三维点云数据。

(二) 轨迹曲线的计算

1) 利用基于迭代最近点的 B 样条曲线的拟合方法, 反复拟合单条激光线上所有的三维坐标点, 得到一组三维扫描线;

2) 拾取所有三维扫描线的两个端点, 利用封闭的 B 样条插值算法生成鞋帮底面的轮廓线;

3)理想的喷胶轨迹曲线是鞋底轮廓线在鞋帮底面的一条偏置曲线。由于鞋底曲面信息的不足和偏置曲线计算复杂，无法计算理想的喷胶轨迹曲线。实际的计算过程中，首先计算分布在理想轨迹曲线上的轨迹点，然后用 B 样条插值算法生成喷胶轨迹。轨迹点的计算可以通过如下过程来实现：以轮廓线为中心线作一个半径为 r 的管道曲面，管道曲面与三维扫描线的交点即为轨迹点。设 \mathbf{p} 为管道曲面上的任意一点，则管道半径 r 的曲面方程可以表示为

$$\begin{cases} \|\mathbf{p} - \mathbf{C}(t)\| = r \\ (\mathbf{p} - \mathbf{C}(t)) \cdot \mathbf{C}'(t) = 0 \end{cases} \quad (7)$$

由轨迹点的定义及管道曲面的方程(7)，得到轨迹点的计算公式

$$\begin{cases} (S_x(u) - C_x(t))^2 + (S_y(u) - C_y(t))^2 + (S_z(u) - C_z(t))^2 = r^2 \\ l \cdot (S_x(u) - C_x(t)) + m \cdot (S_y(u) - C_y(t)) + n \cdot (S_z(u) - C_z(t)) = 0 \end{cases} \quad (8)$$

式中 $\mathbf{P}_s(S_x(u), S_y(u), S_z(u))$ 为轨迹点在扫描线上的表达， $\mathbf{P}_c(C_x(t), C_y(t), C_z(t))$ 为对应的轮廓线上的一个点， (l, m, n) 为 \mathbf{P}_c 点在轮廓线上的切向矢量。

把所有的扫描线代入式(8)，就可以计算得到所有的轨迹点，最后插值这些轨迹点的生成轨迹曲线。

本发明所生成的轨迹曲线不仅可以应用于鞋底喷胶工艺，亦可以在鞋底打磨工艺中得到广泛应用。

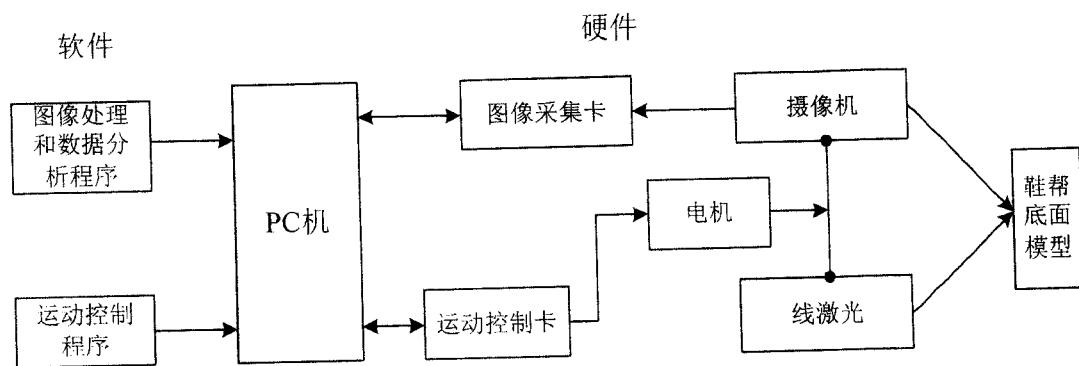


图 1

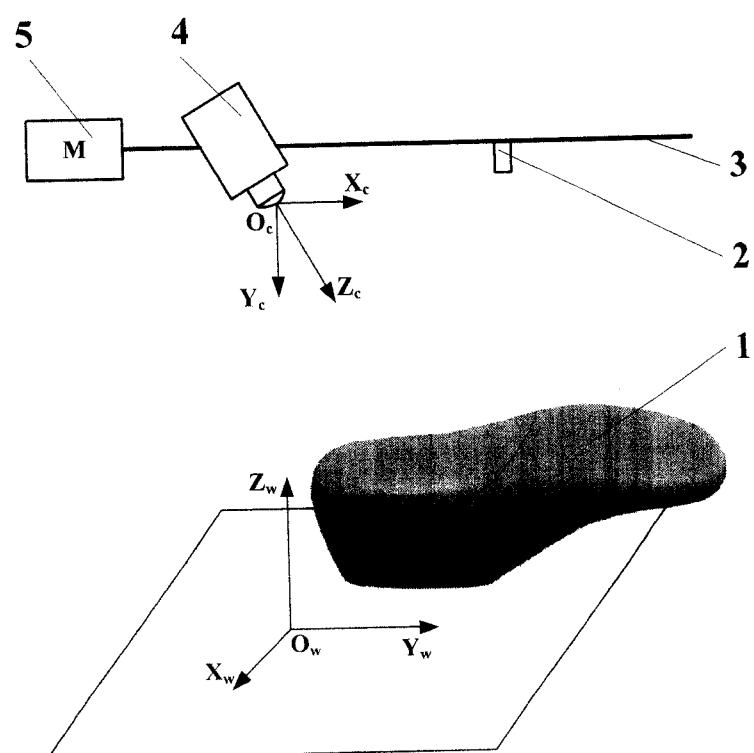


图 2

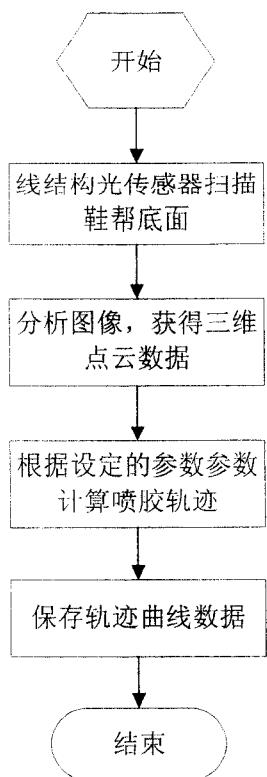


图 3

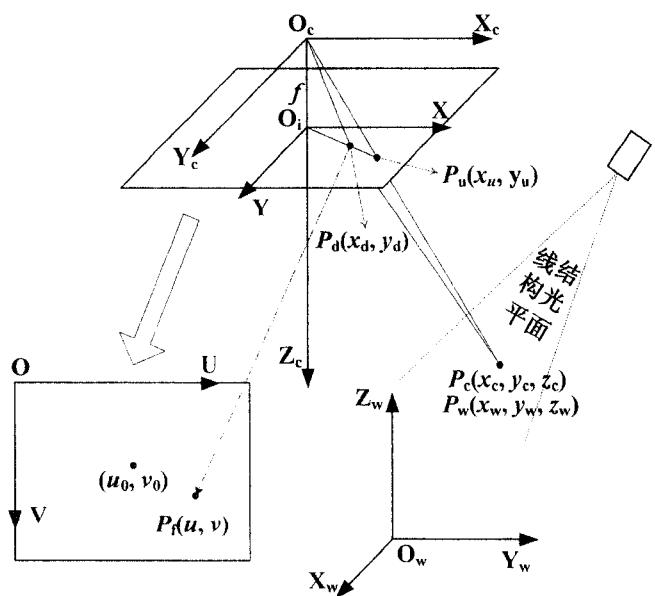


图 4