



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102704215 B

(45) 授权公告日 2013. 09. 25

(21) 申请号 201210121892. 1

(22) 申请日 2012. 04. 24

(73) 专利权人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市四牌楼 2 号

(72) 发明人 李新德 金晓彬 曹久祥 张秀龙

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 艾中兰

(51) Int. Cl.

D05C 7/10(2006. 01)

G06K 9/64(2006. 01)

审查员 姬建正

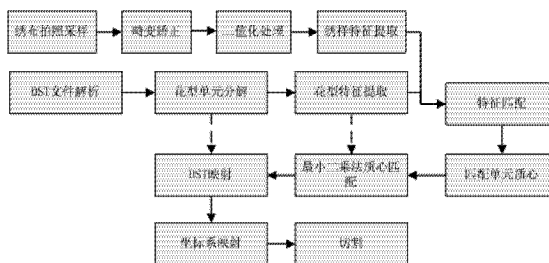
权利要求书2页 说明书11页 附图12页

(54) 发明名称

基于 DST 文件解析与机器视觉结合的绣布自动切割方法

(57) 摘要

本发明公开一种基于 DST 文件解析与机器视觉结合的绣布自动切割方法,在毛绒玩具制造业,毛绒玩具的外形和图案是采用刺绣机器进行加工,然后采用激光切割机将整幅绣片进行逐一切割。本发明方法首先通过将 DST 文件(刺绣文件)解析为图像文件,选择其中的切割单元并提取其信息,获得其单元的内部参数。然后根据照相机拍照得到的切割样本的图像,对其进行相关的处理,将之前得到的切割单元信息与处理后的样本匹配,最终确定切割线位置并产生 PLT 文件,由切割机进行切割。不同于其它基于机器视觉的激光切割方法,本方法只需要拍照一次就可以完成整幅刺绣样本的切割,本方法具有工作效率高、残次率低的特点,对复杂刺绣样本有很强的切割能力。



1. 一种基于 DST 文件解析与机器视觉结合的绣布自动切割方法,其特征在于该方法用到一种激光切割机,该激光切割机切割面正上方架设有相机,所述绣布自动切割方法包括如下步骤:

(1) DST 文件解析,获得原始刺绣文件图像信息和内部特征信息,为图像匹配做准备工作;

(2) 样本提取与处理,通过相机拍照获得样本图像信息,并对样本图像进行畸变矫正、二值化处理以及提取样本内部特征操作,获得样本的特征信息;

(3) 匹配,将得到的 DST 文件与样本的特征信息进行匹配,匹配单元质心并根据最小二乘法进行质心匹配与切割线校正;

(4) DST 映射,将匹配后的切割线坐标通过坐标变换映射到切割面坐标系下用于切割,然后输出激光切割机能够执行的 PLT 文件,由激光切割机进行切割。

2. 如权利要求 1 所述的基于 DST 文件解析与机器视觉结合的绣布自动切割方法,其特征在于 DST 文件解析的过程包括:

(1.1) 根据 DST 文件的编码方式解析每一针的功能,记录每一针的偏移坐标与操作,并且记录解析过程中所有出现的闭合数据段;

(1.2) 根据(1.1)解析得到的结果,创建一幅空白图像,在图像上将每一针的具体动作勾画出来,得到 DST 解析图像;

(1.3) 根据(1.1)得到的闭合数据段,判断闭合数据段是否为 DST 单元的边框,如果该闭合数据段是边界框,则提取其内部的信息作为 DST 单元的信息,如果不是则继续判断,直到得到 DST 单元的边界框。

3. 如权利要求 1 所述的基于 DST 文件解析与机器视觉结合的绣布自动切割方法,其特征在于从相机坐标系映射到切割机坐标系的变换矩阵采用“基于最小二乘法圆检测的坐标系标定法”获得,步骤如下:

(1) 首先设计好用于切割标定圆的 PLT 文件;

(2) 从 PLT 文件中获取切割机坐标系下精确的圆心坐标

$P_{ij} = (x_{ij}, y_{ij})$,其中 x_{ij} 、 y_{ij} 分别表示第 i 行第 j 列的圆的圆心在切割机坐标系上的 x 轴坐标和 y 轴坐标;

(3) 利用相机拍摄一张清晰的标定圆图像,然后利用已有的畸变参数,进行图像矫正;

(4) 采用漫水填充法对矫正后的图像进行二值化处理,将图像中的圆变成白色,背景变为黑色;

(5) 对二值化后图像进行轮廓提取,检测出每个标定圆的轮廓点序列;

(6) 对每个轮廓点序列进行 RANSAC 圆拟合,获得相机坐标系下标定圆圆心坐标

$Q_{ij} = (x'_{ij}, y'_{ij})$,其中 x'_{ij} 、 y'_{ij} 分别表示第 i 行第 j 列的圆的圆心在相机坐标系上的 x 轴坐标和 y 轴坐标;

(7) 将切割机坐标系下的圆心坐标按照从左到右,从上往下的形式排列为齐次坐标矩阵 P ,将相机坐标系下圆心坐标也按照对应的次序排列为齐次坐标矩阵 Q ;

(8) 采用最小二乘法, 计算出从相机坐标系映射到切割机坐标系的变换矩阵 M , 使之满足: $Q * M = P$ 。

4. 如权利要求 1 所述的基于 DST 文件解析与机器视觉结合的绣布自动切割方法, 其特征在于样本提取与处理过程中, 采用改进的自适应漫水填充法对样本图像进行二值化处理, 即通过在刺绣样本中随机选择多个点作为样本点, 判断这些随机选择的点是否为背景点, 如果是则保留当作种子点, 如果不是则忽略。

5. 如权利要求 1 所述的基于 DST 文件解析与机器视觉结合的绣布自动切割方法, 其特征在于为了减小光照不均匀对图像后期处理产生的影响, 在切割机两侧分别加装一盏日光灯。

基于 DST 文件解析与机器视觉结合的绣布自动切割方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种绣布自动切割方法,基于 DST 文件解析与机器视觉的结合。

背景技术

[0002] 目前的绣布激光切割系统主要有两种:一种是先在白纸上切割一次,然后将绣布样本放在切割面上,将绣布上的花型与白纸上切割出的轮廓对齐后再切割一次;另一种是在激光切割头上安装相机,每切割一个花型单元就要提取样本并处理一次,即每次只能切割一个花型单元。由于故有切割系统存在工作效率低,残次品比重高等问题,因此迫切需要一种新的切割方式,用以取代现行方式。机器视觉的飞速发展为我们解决上述问题提供了一种新的思路。

[0003] 机器视觉就是利用机器代替人眼来做各种测量和判断。它是计算机学科的一个重要分支,它综合了光学、机械、电子、计算机软硬件等方面的技术,涉及到计算机、图像处理、模式识别、人工智能、信号处理、光机电一体化等多个领域。在生产线上,人来做此类测量和判断会因疲劳、个人之间的差异等产生误差和错误,但是机器却会不知疲倦地、稳定地进行下去。一般来说,机器视觉系统包括了照明系统、镜头、摄像系统和图像处理系统。对于每一个应用,我们都需要考虑系统的运行速度和图像的处理速度、检测目标的尺寸还是检测目标有无缺陷、视场需要多大、分辨率需要多高、对比度需要多大等。典型的机器视觉系统可以分为:图像采集部分、图像处理部分和运动控制部分。

[0004] 一个完整的机器视觉系统的主要工作过程如下:

[0005] 1、照相机根据指令进行拍照,其曝光时间预先设定;

[0006] 2、图像采集部分接收摄像机数字化后的数字图像数据,并将其存放于处理器或计算机内存中;

[0007] 3、处理器对图像进行处理、分析、识别、获得测量结果或逻辑控制值;

[0008] 4、处理结果控制流水线的动作、定位、纠正运动的误差等。

发明内容

[0009] 发明目的:为了克服现有技术中存在的问题,工作效率低下,材料利用率低,成本较高等问题。本发明通过运用机器视觉的方法,解决了原有切割系统科技含量与工作效率低下、残次品比重高的缺点。通过运用机器视觉的方法,降低了人在切割过程中的作用,依靠相机与切割机的高精度,可以大大提高产品的成品率、降低成本、提高工作效率。

[0010] 技术方案:为解决上述技术问题,本发明提供一种基于 DST 文件解析与机器视觉结合的绣布自动切割方法,其特征在于该方法用到一种激光切割机,该激光切割机切割面正上方架设有相机,所述绣布自动切割方法包括如下步骤:

[0011] (1) DST 文件解析,获得原始刺绣文件图像信息和内部特征信息,为图像匹配做准备工作;

[0012] (2) 样本提取与处理,通过相机拍照获得样本图像信息,并对样本图像进行畸变矫

正、二值化处理以及提取样本内部特征操作,获得样本的特征信息;

[0013] (3) 匹配,将得到的 DST 文件与样本的特征信息进行匹配,匹配单元质心并根据最小二乘法进行质心匹配与切割线校正;

[0014] (4) DST 映射,将匹配后的切割线坐标通过坐标变换映射到切割面坐标系下用于切割,然后输出激光切割机能够执行的 PLT 文件,由激光切割机进行切割。

[0015] 本发明通过 DST 解析算法将用于加工毛绒玩具的绣布刺绣文件(DST 文件)信息输入到处理系统进行处理,获得匹配样本,然后通过相机提取绣布样本图像,并运用 DST 解析获得的信息以及一定的处理算法检测绣布,获得其中各个切割单元的位置,将处理结果反馈到激光切割机执行切割操作,对提高切割精度、降低工作复杂度、减小工作量有很重要的意义。

[0016] 本发明利用机器视觉代替人工的方法,利用照相机分辨率高、工作稳定的性能,通过一定的处理程序,运用先进的图像处理算法可以大大提高切割效率,降低切割机对于人的依赖程度,提高劳动生产率,由于本发明的高精度,可以有效提高布料的利用率,降低切割的残次品比重。不同于其它基于机器视觉的激光切割方法,本方法只需要拍照一次就可以完成整幅刺绣样本的切割,具有工作效率高、残次率低的特点。对复杂刺绣样本有很强的切割能力。

附图说明

[0017] 图 1、机器视觉切割流程图

[0018] 图 2、DST 文件显示画面;

[0019] 图 3、对应 DST 文件刺绣后的绣布;

[0020] 图 4、DST 文件内部独立单元提取;

[0021] 图 5、边框提取流程图;

[0022] 图 6、DST 单元和边框相交;

[0023] 图 7、用于获得变换坐标系的切割后的圆图像;

[0024] 图 8、9 点漫水填充法;

[0025] 图 9、MFC 操作界面;

[0026] 图 10、激光切割机示意图;

[0027] 图 11、图像匹配后在 MFC 界面显示出的图像;

[0028] 图 12、切割线定位整体图像;

[0029] 图 13、切割线定位局部图像;

[0030] 图 14、激光切割机切割过程;

[0031] 图 15、切割后图像。

具体实施方式

[0032] 理论基础:图像识别。图像识别的第一步是提取有效的图像特征,在这里,我们主要引入矩特征量和轮廓特征量,矩特征量包括 Hu 矩、归一化转动惯量(NMI)和仿射不变矩,而轮廓特征量包括轮廓离散化参数和奇异值分解。这 5 个特征量都具有良好的平移、旋转和比例不变性,在图像目标识别中得到了广泛的应用。

[0033] 下面结合附图 1 对本发明作更进一步的说明。

[0034] 1DST 文件解析

[0035] 由于电脑设计的绣花文件为 DST 格式,不能直接获得其内部特征与图像信息,因此本发明的第一步是 DST 文件解析,对 DST 文件进行解析,获得其图像信息与内部特征。DST 文件是由头文件与花样文件体组成,两部分用于存放不同的信息,具体解析过程如下。

[0036] 1. 1DST 头文件组成

[0037] 花样文件头主要用来存放一些关于花样的说明信息, DST 文件有一个 512 字节的文件头,前 128 字节以文本文件的形式存储了一些文件信息,这些信息包括信息标识和信息值,信息值使用十进制码,未使用的部分由空格字符 (ASCII 码值 0x20) 代替,每一段由字符“\” (ASCII 码值 0x0D) 隔离,具体各段意义参见表 1。

	信息起始字符	信息大小 (Bytes) (不包括分隔符)
花样名称	LA:	19
总针数	ST:	10
换色次数	CO:	6
[0038] 距起点右端限制	+X:	8
距起点左端限制	-X:	8
距起点上端限制	+Y:	8
距起点下端限制	-Y:	8
终点距起点 X	AX:	9
终点距起点 Y	AY:	9

[0039] 表 1 DST 格式花样文件头结构

[0040] 1.2 花样文件体结构

[0041] 花样文件里存放的是描述花样全部针迹动作的数据,既包括了每条针迹的位移,也包括了绣花机的剪线、换色等动作的控制。DST、格式的花样文件体是从第 513 个字节开始到文件结尾,且每 3 个字节用来表示一针,如表 2 所示。

[0042]

A ₇ A ₆ A ₅ A ₄ A ₃ A ₂ A ₁ A ₀	B ₇ B ₆ B ₅ B ₄ B ₃ B ₂ B ₁ B ₀	C ₇ C ₆ C ₅ C ₄ C ₃ C ₂ C ₁ C ₀
---	---	---

[0043] 表 2 花样文件中每三个字节表示一针

[0044] 本文约定水平向右为 X 正向,垂直向下为 Y 正向。我们令 Δx , Δy , 分别表示一条针迹在 X、Y 方向上的位移,即当前针相对于前一针绣框在 X、Y 方向上移动的相对步数。DST 是一种三进制的编码形式。 Δx , Δy 需要参照表 3 所示的权值计算出来。

[0045]

位 字节	7	6	5	4	3	2	1	0
$A_7A_6A_5A_4A_3A_2A_1A_0$	+1	-1	+9	-9	-9	+9	-1	+1
$B_7B_6B_5B_4B_3B_2B_1B_0$	+3	-3	+27	-27	-27	+27	-3	+3
$C_7C_6C_5C_4C_3C_2C_1C_0$			+81	-81	-81	+81		

[0046] 表 3. DST 格式的一针中每位对应的权值

[0047] 计算公式如下：

[0048] $\Delta x = A_3 * (-9) + A_2 * 9 + A_1 * (-1) + A_0 * 1 + B_3 * (-27) + B_2 * 27 + B_1 * (-3) + B_0 * 3 + C_3 * (-81) + C_2 * 81$

[0049] $\Delta y = A_7 * 1 + A_6 * (-1) + A_5 * 9 + A_4 * (-9) + B_7 * 3 + B_6 * (-3) + B_5 * 27 + B_4 * (-27) + C_5 * 81 + C_4 * (-81)$

[0050] DST 中 C_7 、 C_6 、 C_1 、 C_0 这四位的组合构成其功能码，如表 4 所示。

[0051]

功能	取值
缝制	$C_7=C_6=0, C_1=C_0=1$
跳针	$C_7=C_1=C_0=1, C_6=0$
换色	$C_7=C_6=C_1=C_0=1$, 表示该针的其它位为 0
剪线	若干个连续的跳针码
结束	$C_7=C_6=C_5=C_4=C_1=C_0=1$, 表示该针的其它位为 0

[0052] 表 4DST 的功能码

[0053] 在 DST 格式文件末尾还有一个结束字符 0x1A，另外，空针为特殊的缝制针，值均等于 0。

[0054] 根据上述过程，将 DST 文件的所有数据信息进行解析，解析完成后，创建一幅空白图像，在该图像上根据解析得到的信息，在此空白图像上勾画出来，从而获得 DST 文件的图像信息。

[0055] 1.3 整版 DST 文件中的单元提取

[0056] 图 2 是一幅典型的毛绒玩具制造业的 DST 文件，图 3 为其对应的刺绣布料。这类 DST 文件的典型特征是：

[0057] 1、DST 文件中有一个大的外边框，用于确定绣布的大小；

[0058] 2、内部有若干独立单元，每一个单元即为制作毛绒玩具的绣片；

[0059] 3、独立单元都有各自的边框线，这条边框线实际是该单元的切割线；

[0060] 4、独立单元之间为跳针，没有线连接，或者只有一根线连接；

[0061] 5、为了节省空间，内部单元之间往往按照左右对称，或者上下对称进行排列；

[0062] 6、独立单元内部元素不超过切割线。

[0063] 根据这些特征，我们采用了如图 4 所示的方法来提取 DST 文件中的独立单元。

[0064] 1. 4DST 解析

[0065] 理论上 DST 文件的解析按照 DST 文件的头文件组成和编码方式进行处理就可以了,但是在实际的 DST 文件中,文件数据往往会出现个别错误,典型问题就是头文件中表示整幅 DST 大小的 +X, -X, +Y, -Y 数据往往错误,所以需要 DST 中的点进行排序计算,获得实际的 DST 图像大小。

[0066] 首先,按照 DST 文件编码方式获得每针的偏移坐标,即 $\Delta x, \Delta y$ 值,然后通过逐步相加,获得整幅 DST 每一针的坐标。由于 DST 文件中坐标零点为起始点,为了后续图像处理方便,需要把坐标进行处理,将左上方第一点设为坐标零点,向右为 x 轴正方向,向下为 y 轴正方向。在解析的同时,记录下每一针对应的刺绣操作状态。

[0067] 1. 4. 1 外边框的判断

[0068] 一般来说整幅绣布都是有外边框的,绣布外框主要是用于大体确认 DST 文件的尺寸,但是我们在实际调研中发现有的产品不需要外边框。因此, DST 格式分析的第一步,就是判断是否有外边框。判断外边框的流程,如图 5。

[0069] 在实际的 DST 绣片中为了节省布料,有些 DST 单元可能与外边框相交,如图 6。所以边框的尺寸不一定和 DST 版面大小相等。外边框都是由绣花机一次绣成的,因此外边框是一个连续的闭合数据段,而 DST 文件中连续数据段非常多,因此需要对收集到的 DST 连续数据段进行校验,判断其是否为外边框。判断条件:

[0070] 1. 四个端点和 DST 版面大小相关;

[0071] 2. 各端点之间的点均在一条直线上。

[0072] 1. 4. 2 DST 单元边框的判断

[0073] 毛绒玩具 DST 文件中的 DST 单元有如下特征:

[0074] 1、DST 单元边框闭合;

[0075] 2、单个 DST 单元边框刺绣过程中不换线;

[0076] 3、两相邻边框若距离较近可能不换线,一般都会换线;

[0077] 4、DST 单元排布不确定,目前相关领域还没有自动排版软件,都是设计人员自己随机排布,随意性较大;

[0078] 5、若有外边框,则 DST 单元的边框只被外边框包围。若无外边框,则没有其它闭合数据段包围 DST 单元边框。

[0079] 根据以上特征,首先需要确定所有的闭合数据段,然后判断某个闭合数据段是否是单元边框。根据特征即可判断一个闭合数据段是否是 DST 单元边框。在实际操作中,DST 单元边框往往是不规则图形,判断内部是否有元素较为困难,因此我们都采用外接矩形的方法进行处理。

[0080] 1. 4. 3 DST 内部元素确定

[0081] 毛绒玩具 DST 文件中 DST 单元内部元素特征:

[0082] 1、内部单元分多次绣完。出于减少换色次数的考虑,一般都是将整个版面中相同的颜色都绣完之后才会换色,所以一般来讲内部单元要多次才能绣完,所以内部元素较为分散。

[0083] 2、内部元素不会超过单元边框。

[0084] 根据以上特征,我们的处理方法主要是将除开外边框(若存在)、单元边框之外的

连续数据和已有的 DST 单元边框外接矩形进行匹配,即可确定某个 DST 单元边框中有哪些元素。

[0085] 1.5 提取 DST 单元内部信息

[0086] 根据以上 DST 文件解析得到的 DST 单元,提取其内部参数,用于下一步的图像匹配。通过计算获得内部特征图、质心、特征向量等参数。由于 DST 单元内部有可能存在过多的特征,因此在提取 DST 单元内部信息的时候可以设置为自动提取信息,也可以由人工提取的方式,即用鼠标选择感兴趣的区域。本发明倾向于后者,匹配的效果更好一些。

[0087] 2 样本提取与处理

[0088] 视觉检测最重要一步就是图像采集与处理,通过高分辨率的相机可以实现精确的视觉测量,本系统采用 Cannon550d 相机,本相机具有 1800 万像素,分辨率为 5184*3456,镜头为定焦 50mm 镜头。通过高分辨率的照相机可以较为全面的提取样本信息,为样本图像的处理奠定了基础。本系统具有较强的适用性,可以应用于其它类似的系统中。

[0089] 2.1 系统标定

[0090] 由于要处理的绣布最大尺寸为 60cm*40cm,考虑到相机的镜头参数,将相机架设于切割面正上方 1.4m 处。一旦相机安装到位,将镜头垂直对准下方的切割机工作面,调整相机至最佳焦距,然后锁死,不再改变相机参数和位置。相机的有效视野约为 62.98cm*42cm。

[0091] 根据张正友法进行相机标定,标定后可以得到相机的畸变参数、然后再利用最小二乘圆检测由相机坐标系到切割机坐标系的映射坐标等信息。从而完成如下功能:

[0092] 1、通过畸变参数进行预矫正,尽可能的恢复真实的绣布样本图像;

[0093] 2、进行相机坐标系到物理坐标系(机器坐标系)下的映射,从而指导切割机正确切割。

[0094] 在第一次使用时需要进行标定,用于获得相机的畸变参数、内参矩阵与相机坐标系到切割机坐标系的映射关系。标定过程为:

[0095] 首先通过“张正友棋盘格标定法”获得相机的镜头畸变参数以及内参矩阵。然后保存参数,以后每获得一幅图像后,首先进行畸变矫正,以尽可能恢复原始图像的信息。

[0096] 接下来,采用“基于最小二乘法圆检测的坐标系标定法”获得坐标系变换矩阵,步骤如下:

[0097] (1) 首先设计好用于切割标定圆的 PLT 文件,如下图 7 所示,在一张 70cm*55cm 的白纸上切割出 6*9 的不同半径排列的圆;

[0098] (2) 从 PLT 文件中获取切割机坐标系下精确的圆心坐标, $P_{ij}=(x_{ij}, y_{ij})$, 其中 x_{ij} 、 y_{ij} 分别表示第 i 行第 j 列的圆的圆心在切割机坐标系上的 x 轴坐标和 y 轴坐标;

[0099] (3) 利用相机拍摄一张清晰的标定圆图像,然后利用已有的畸变参数,进行图像矫正;

[0100] (4) 采用漫水填充法对矫正后的图像进行二值化处理,将图像中的圆变成白色,背景变为黑色;

[0101] (5) 对二值化后图像进行轮廓提取,检测出每个标定圆的轮廓点序列 C_{ij} ;

[0102] (6) 对每个轮廓点序列进行 RANSAC 圆拟合,获得每个圆的圆心坐标 $Q_{ij}=(x'_{ij}, y'_{ij})$, 其中 x'_{ij} 、 y'_{ij} 分别表示第 i 行第 j 列的圆的圆心在相机坐标系上的 x 轴坐标和 y 轴坐标;

[0103] (7) 将切割机坐标系下的圆心坐标按照从左到右, 从上往下的形式排列为齐次坐标矩阵 P, 将相机坐标系下圆心坐标也按照对应的次序表示为齐次坐标矩阵 Q;

$$[0104] \quad P = \begin{bmatrix} x_{11}, y_{11}, 1 \\ x_{12}, y_{12}, 1 \\ \dots \\ x_{19}, y_{19}, 1 \\ x_{21}, y_{21}, 1 \\ \dots \\ \dots \\ x_{69}, y_{69}, 1 \end{bmatrix} \quad Q = \begin{bmatrix} x'_{11}, y'_{11}, 1 \\ x'_{12}, y'_{12}, 1 \\ \dots \\ x'_{19}, y'_{19}, 1 \\ x'_{21}, y'_{21}, 1 \\ \dots \\ \dots \\ x'_{69}, y'_{69}, 1 \end{bmatrix}$$

[0105] (8) 采用最小二乘法, 计算出从照相机坐标系映射到切割机坐标系的变换矩阵 M, 使之满足下式:

$$[0106] \quad Q * M = P$$

[0107] (9) 保存矩阵 M, 将其作为以后的坐标系映射参数。

[0108] 2.2 样本提取

[0109] 样本提取的过程是对样本进行拍照, 然后执行畸变矫正的过程。每次放入绣布成品的时候需要保证样本完全在照相机的视野内, 防止出现样本偏离相机视野的情况。在切割机的工作面上印有工作区的边界线, 每次放置绣布时只要左上角大致对齐边界线即可保证绣布位置在有效检测范围内。

[0110] 2.3 样本处理

[0111] 图 3 所示为一张采用全自动电脑刺绣机完成的绣布, 绣布上布满了很多个花型单元(刺绣样品文件中的最小单元), 这些花型单元的排布位置基本与 DST 设计文件一致, 因此存在一个从 DST 文件到绣布样本的透视变换矩阵, 将 DST 坐标系变换到绣布物理坐标系。电脑刺绣机按照 DST 文件内包含的刺绣数据, 执行缝制、跳针、换色、剪线等刺绣动作。通常电脑刺绣机的精度为 0.1mm, 在忽略机器系统误差的条件下, 可以认为 DST 文件和实际的绣布成品, 是一一对应的全比例映射。当绣布被人为地放置在切割机的切割面上时, 存在一个从 DST 文件到绣布样本图像的透视变换矩阵, 将 DST 坐标系变换到相机中的绣布坐标系。但是实际使用中, 绣布是柔软易变形的, 导致这种变换是存在误差的。尤其是当绣布局部翘起时, 会有明显的变形。因此需要采用最小二乘法, 计算出最优变换矩阵。

[0112] 通常一个花型单元包含了一个闭合的切割线以及内部多个花型元素。这些花型元素的排布和形状都是刺绣机器依据 DST 文件绣出来的, 因此, 可以根据 DST 文件中获得花型单元的位置, 在绣布上大致找到对应的刺绣花型单元。

[0113] 样本处理的基本步骤为:

[0114] 1、单元定位, 依据 DST 单元排布位置以及相机的线性变换, 估计出花型单元的大致位置, 定位出一个矩形框。定位过程中, 根据 DST 解析得到的花型单元的大小, 选取一个可以包括花型单元的矩形框, 然后根据由相机到切割机的坐标系变换得出变换到切割机上的矩形框。

[0115] 2、二值化, 将花型单元矩形框内的彩色图像二值化, 设置绣布背景色变为黑色, 其他元素变为白色, 保留花型单元内部元素的轮廓特征。本部分用了改进型的漫水填充法, 用

于提高漫水填充的效果。通过在刺绣样本中随机选择多个点作为样本点,通过判断这些随机选择的点是否为背景点,如果是则保留当作种子点,如果不是则忽略,改进后增大了系统的鲁棒性,漫水填充的效果更好。

[0116] 3、计算轮廓特征向量,计算二值化边框的 Hu 矩与质心。

[0117] 2.3.1 单元定位

[0118] 根据 DST 解析结果,可以得到每个 DST 单元的大小以及对应的边界框。DST 文件与相机采集到的绣布样本之间也存在着一种线性变换,因此可以根据从 DST 文件中解析到的单元位置估算出绣布中的各个单元位置。由于相机是固定不动的,而且 DST 刺绣文件与对应的绣布可以看作是基本一致的。只是 DST 文件中的坐标与对应的相机坐标之间存在着平移、旋转、缩放三种变换。

[0119] 绣布的摆放位置初步决定了平移因子 T 和旋转因子 R。由于绣布样本的摆放受到一定程度的约束,即绣布必须放入相机的有效视野中,因此可以估计出平移因子 T'。通过相机的视野大小可以初步估计绣布的缩放系数 S'。由绣布的四个角可以估计出旋转因子 R',具体步骤如下:

[0120] (1) 根据绣布摆放的位置约束:由于绣布摆放时需要考虑相机的视野问题,本系统在切割机上标有有效区域与直角坐标。将绣布大体按照要求放入切割机,则绣布旋转角度一般小于 $\pm 10^\circ$ 。又由 DST 文件解析结果可以获得 4 个顶点单元的质心齐次坐标 $V_k=(x_k, y_k, 1)$, $k=1, 2, 3, 4$, 以及对应的矩形单元边框 $R_k=W_k \times H_k$ 。顶点单元按照顺时针方向编号为 1 ~ 4。

[0121] 其中参数: x_k 为 DST 解析后得到图像的第 k 个顶点单元质心的 x 轴坐标; y_k 为 DST 解析后得到图像的第 k 个顶点单元质心的 y 轴坐标; R_k 为 DST 解析后得到图像的第 k 个顶点单元的边框; W_k 为其边框宽度; H_k 为其边框长度。

[0122] (2) 采用估算出的平移和缩放变换系数,由下式得到样本图像中 4 个顶点单元的初始质心齐次坐标:

[0123] $V'_k=(x'_k, y'_k, 1)$, $k=1, 2, 3, 4$

[0124] 图像中 4 个顶点单元的边框:

[0125] $R'_k=W'_k \times H'_k=S' W_k \times S' H_k$

[0126]
$$V_k'^T = S' \begin{bmatrix} 1 & 0 & T'_x \\ 0 & 1 & T'_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} V_k^T$$

[0127] 其中参数: x'_k 为样本图像的第 k 个顶点单元质心的 x 轴坐标; y'_k 为样本图像的第 k 个顶点单元质心的 y 轴坐标; R'_k 为样本图像的第 k 个顶点单元的边框; W'_k 为其边框宽度; H'_k 为其边框长度; T'_x 为样本图像中 x 轴的平移因子; T'_y 为样本图像中 y 轴的平移因子。

[0128] (3) 对样本图像进行高斯平滑,然后进行 1/2 金字塔降采样,针对绣布的中心不妨取 1/4 绣布大小的矩形区域,通过彩色直方图统计出出现频率最高的颜色作为绣布背景色。

[0129] (4) 在样本图像中,以坐标 V'_k 为中心,然后以 $1.5W'_k \times 1.5H'_k$ 为长宽的矩形区域内进行 11 点漫水填充二值化处理。如图 8 (其中图 8 为 9 点漫水填充) 所示,首先随机选

择 11 个点作为备选种子点,对每个候选的种子点,在 11×11 邻域的区域计算出色彩平均值,如果平均值接近绣布的背景色,而且邻域颜色方差较小,则将该点列为漫水填充种子点。

[0130] (5) 对每个种子点执行漫水填充算法,得到单元 V'_k 的二值化图像。然后,进行滑动窗口搜索,在窗口内,计算轮廓面积比和区域 Hu 矩,并与 DST 中对应顶点 V_k 的轮廓特征进行相似性比较,如下式所示:

$$[0131] \quad I(A, B) = \sum_{p=1}^7 \left| \frac{m_p^A - m_p^B}{m_p^A} \right|$$

$$[0132] \quad m_p^A = \text{sign}(h_p^A) \log |h_p^A|$$

$$[0133] \quad m_p^B = \text{sign}(h_p^B) \log |h_p^B|$$

$$[0134] \quad I(A, B) < T_{hu}$$

[0135] 其中:A 为选择的 DST 解析后图像的单元;B 为选择的样本图像的单元; h_p^A 和 h_p^B 分别是 A 和 B 的 Hu 矩。 T_{hu} 是 Hu 矩相似度阈值,一般取为 1.5。

[0136] (6) 将满足面积比并且 Hu 矩相似度阈值的矩形区域作为单元 V'_k 的候选边界框,然后将 Hu 矩相似度最小的候选边界作为单元 V'_k 的真实边界框。并得到单元的真实质心 V'_k 。

[0137] (7) 由图像中顶点向量 $\overrightarrow{V_k V_{k+1}}$ 和 DST 绣花文件的顶点向量 $\overrightarrow{V_k V_{k+1}}$ 之间的夹角 θ_k 以及平移因子 T' ,可以得到旋转因子估计值 $R' = \theta$ 。

[0138] (8) 根据 DST 文件中解析得到的各个 DST 单元边框左上角齐次坐标 $L_k = (x_k, y_k, 1)$, 和估计得到的变换因子,可以估计出图像中各个花型单元的边框左上角齐次坐标 L'_k 。对应的 DST 边框大小缩放 S' 倍。

$$[0139] \quad L'_k{}^T = S' \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & T'_x \\ \sin \theta & \cos \theta & T'_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} L_k^T$$

[0140] 2.3.2 刺绣样本的二值化

[0141] 进行单元定位后,可以把各个花型单元的基本位置确定下来,然后每个边框内部进行局部定位。不但减少了处理量,加快了处理速度,而且提高了定位精度。花型单元的二值化是准确提取每个单元内部元素轮廓特征的基础。通过对比各种二值化方法,对比二值化的结果,为了保证二值化的鲁棒性,改进了原始的漫水填充算法,设计了一种自适应的漫水填充算法:

[0142] 1、获取绣布的主背景色。根据 DST 文件和相机参数,选择绣布中心区域,计算中心区域的颜色直方图,以频数最高的颜色作为绣布主颜色,即背景色;

[0143] 2、采用 9 点法计算漫水填充的种子点。在图像中采样如图 8 所示的 9 个点,计算该点所在邻域窗口是否为背景色,如果是背景色,则将其纳入种子点;

[0144] 3、自适应阈值选取。采用基本阈值分割法获得一个二值分割的阈值,并向两边计算出波峰,量化波峰间隔。通过量化间隔的离散化,实现自适应阈值;

[0145] 4、以自适应阈值对保留下来的种子点进行漫水填充,并统计每个种子点的覆盖范围以及覆盖的颜色平均值;

[0146] 5、通过 HSV 颜色过滤漫水填充图,实现绣样二值化。通过 9 点漫水填充过程中统计的种子点覆盖范围,可以进一步更新背景色。然后计算背景色的 HSV 颜色值,以该颜色值过滤掉二值图中的残留像素块;

[0147] 6、统计二值图像中的联通域面积,联通域边界框长宽比,过滤掉部分错误区域;

[0148] 7、填充保留下来的轮廓,输出完整二值图。

[0149] 2.3.3 花型单元特征提取

[0150] 根据 2.3.1 中的单元定位,在矩形框内计算刺绣单元二值化后的区域 Hu 矩以及几何特征。

[0151] 3 匹配

[0152] 以上部分已经计算出 DST 单元的内部特征与待匹配的花型单元的内部特征,接下来需要进行匹配。匹配分为:

[0153] 1、几何特征匹配:a. 包括面积过滤,将轮廓面积太大或者太小的轮廓剔除;b. 将边界框长宽比不满足阈值的剔除。

[0154] 2、轮廓匹配,对比每个花型单元与 DST 文件中对应单元的 Hu 矩,计算匹配结果。匹配公式:

$$[0155] \quad I(A, B) = \sum_{p=1}^7 \left| \frac{m_p^A - m_p^B}{m_p^A} \right|$$

$$[0156] \quad m_p^A = \text{sign}(h_p^A) \log |h_p^A|$$

$$[0157] \quad m_p^B = \text{sign}(h_p^B) \log |h_p^B|$$

$$[0158] \quad I(A, B) < T_{\text{hu}}$$

[0159] 并将成功匹配的单元质心保留下来,进一步做最小二乘变换;

[0160] 3、最小二乘变换,通过花型单元的质心和 DST 中各个对应单元质心坐标的最小二乘变换,可以获得一个透视变换矩阵 C。

[0161] 4DST 映射

[0162] 根据匹配得到的透视变换矩阵,将 DST 文件解析得到的切割线映射到刺绣样本图像上,并显示映射后的刺绣样本图像。本发明还配备了个人微调功能,如果切割线定位不准确,可以人工改变切割线位置。DST 映射完成后,保存映射到刺绣样本图像的切割线信息,并将该信息转化到切割机坐标系上:根据坐标系标定获得的相机坐标系到切割机坐标系的变换矩阵 M, X 是 DST 中各个单元的切割线坐标,而 Y 是切割机坐标系的坐标

$$[0163] \quad Y = CMX$$

[0164] 保存变换后的切割线图像,此时该切割线图像即为激光切割机到头的运动轨迹线。

[0165] 由于激光切割机控制卡只接受 PLT 格式的运动轨迹,因此需要将最后得到的切割线图像保存为 PLT 格式的文件。

[0166] 操作实例

[0167] 如图 9 所示为本发明所做的 MFC 界面,本界面主要分为五个部分:绣花样式、相机控制、图像检测、相机标定以及右上角显示框。其中,绣花样式主要用于 DST 文件解析,通过打开 DST 文件,在其下方的窗口中显示解析出来的 DST 图像;相机控制主要是控制样本图像输入,用于获得样本图像,通过在右上角显示框显示切割机上样本信息;图像检测是样本图像输入后的进一步处理,主要是图像匹配,切割线定位等工作;相机标定是在第一次使用该发明时用于确定相机基本参数、坐标系变换等原始信息。

[0168] 图 10 为本发明的改进后的切割机示意图。如图中所示,将相机架设于切割面正上方 1.4m 处,这样可以较理想的获取绣布信息,由于光照不均匀对图像后期处理有很大的影响,因此在切割机两边架设了两盏日光灯,这样可以最大限度的降低光线不均匀对于后期处理的影响。相机的有效视野约为 62.98cm*42cm,因此在放置绣布时需要考虑视野问题,在切割面上我们已经标记出理想的视野,只需要在放置绣布时大体放入标记区域即可。

[0169] 下面给出一个实例的操作步骤:

[0170] (1) 在第一次使用本发明时需要进行标定。在 MFC 界面的右下角有两个按钮用于标定,通过点击这两个按钮完成标定,获得系统的原始信息。

[0171] (2) 将刺绣样本放入切割机的工作面上,在工作面上印有工作区的边界线,每次放置绣布时只要左上角大致对齐边界线即可保证绣布位置在有效检测范围。

[0172] (3) 点击“打开”按钮,输入与之对应的 DST 文件并解析,在该部分的显示窗口中显示解析后的 DST 图像。

[0173] (4) 在相机控制部分点击“取景”按钮,在右上方的显示框内显示相机的视野,通过观察判断刺绣样本是否放在有效视野中。

[0174] (5) 点击“拍照”按钮用于将样本图像输入进系统。

[0175] (6) 此时点击“位置检测”按钮,获得 DST 图像与刺绣样本的匹配结果,如图 11 所示。图中的红色方框,表示匹配的结果,即寻找到特征区域。

[0176] (7) 点击“切割线检测”得到图 12、图 13 中显示的图像,图像根据匹配结果得到的切割线图像,通过观测切割线定位的结果判断是否合格。

[0177] (8) 判断切割线合格后,点击“导出”按钮导出切割机可以读取的 PLT 格式文件,开始切割,切割过程如图 14 所示。

[0178] (9) 图 15 为经过激光切割后的布料。

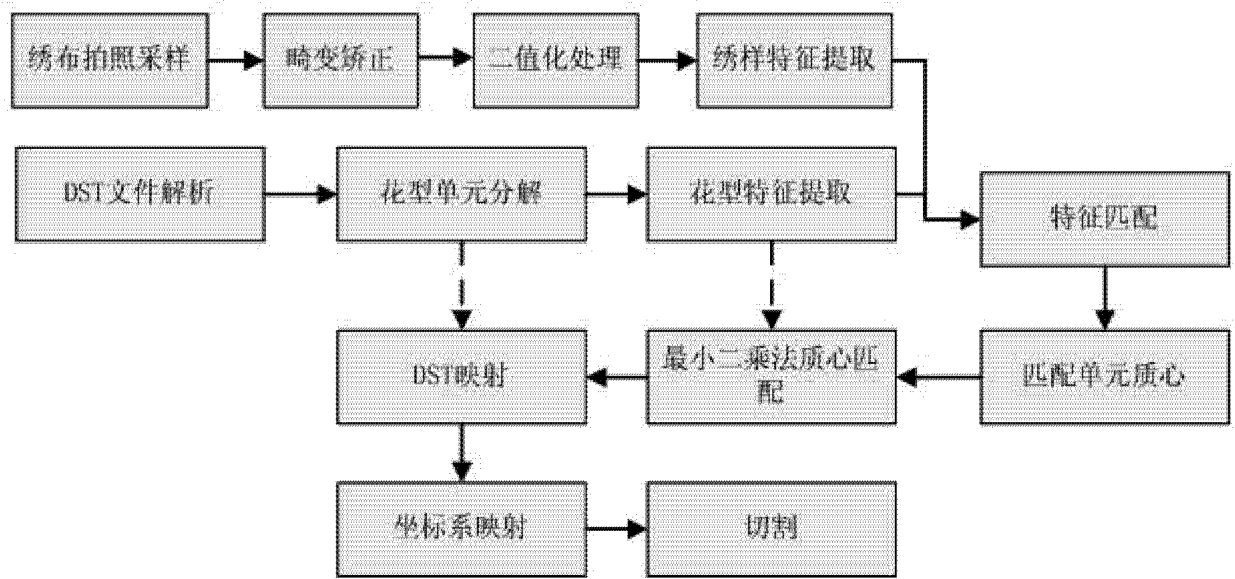


图 1

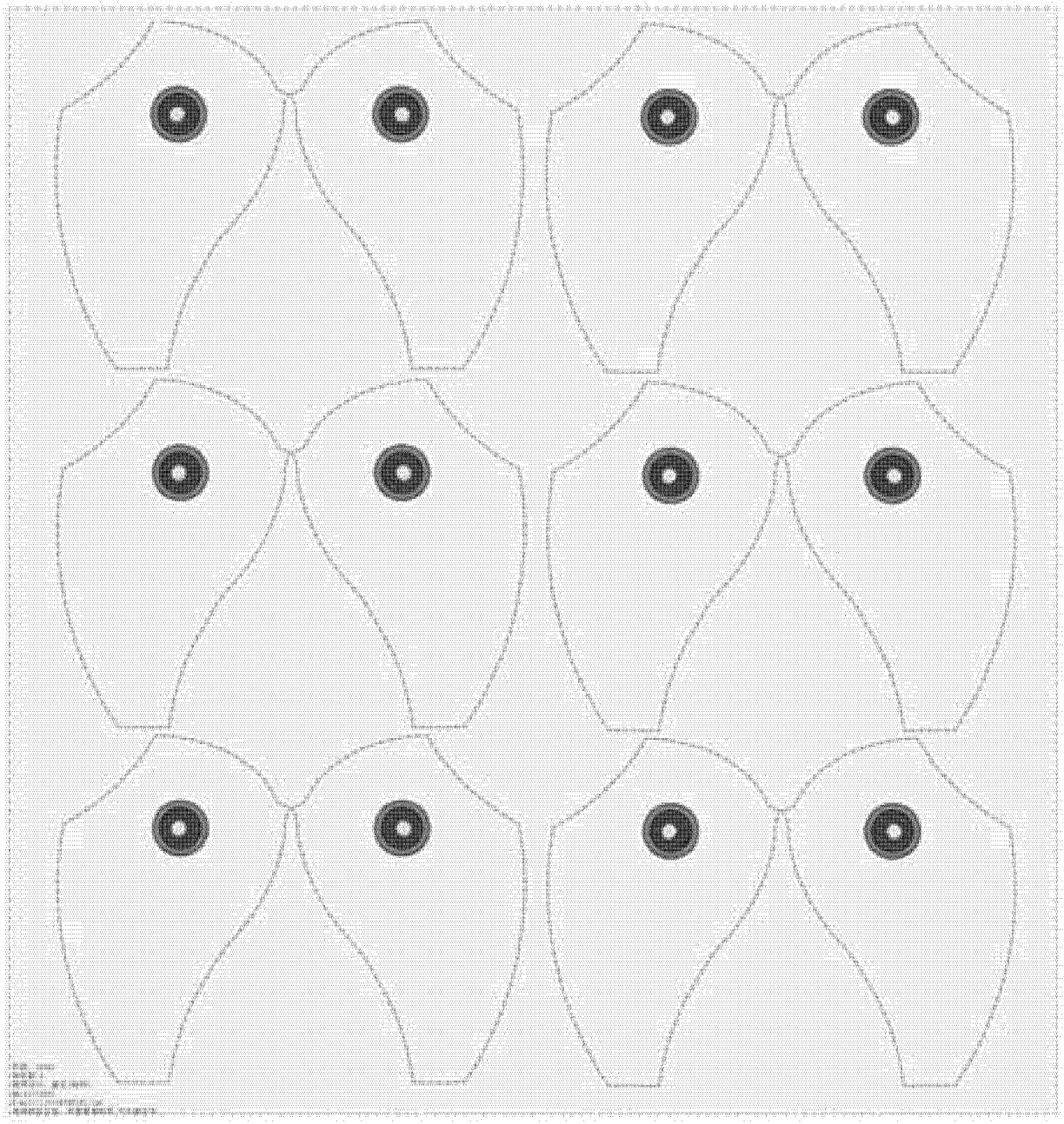


图 2

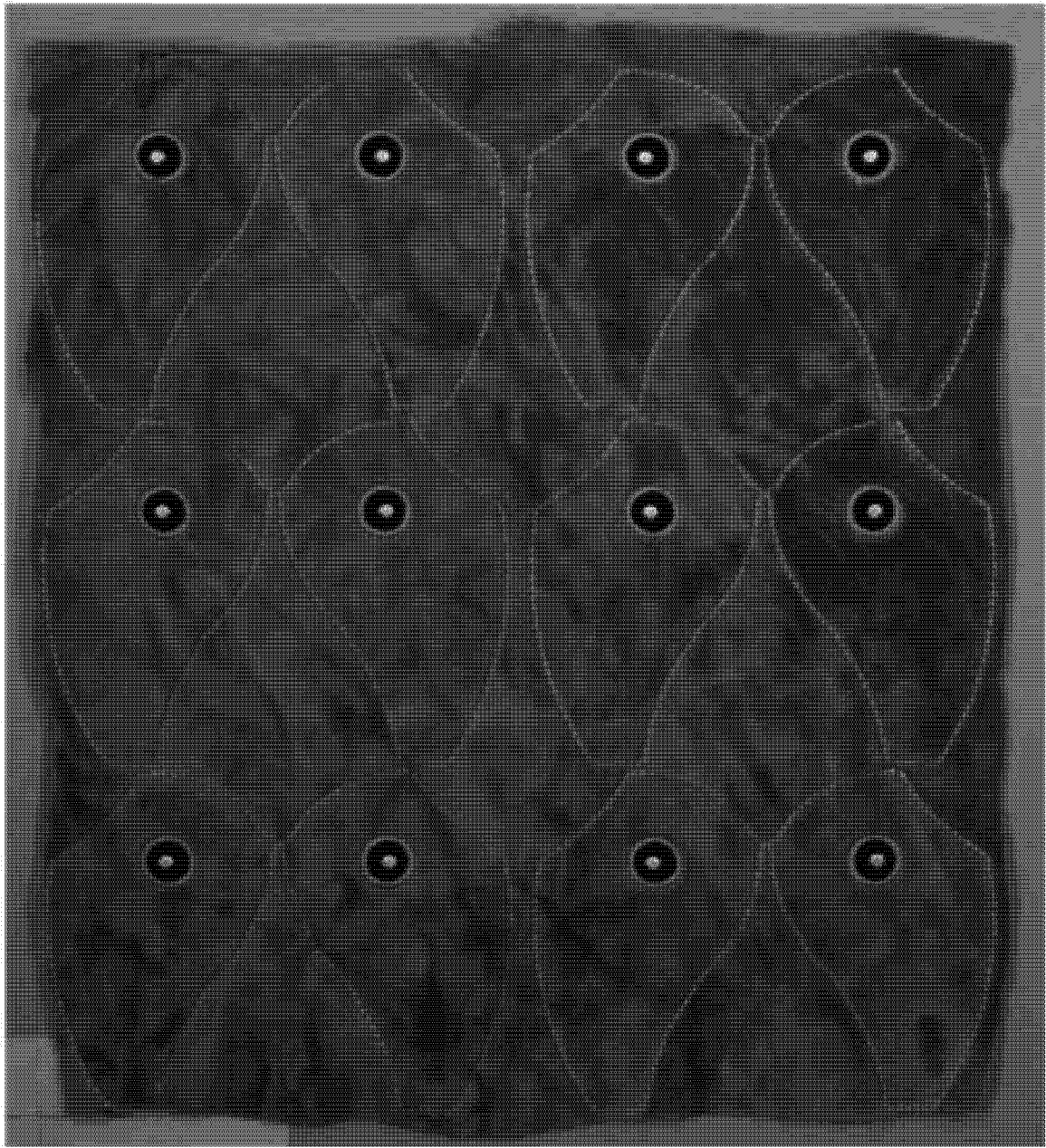


图 3

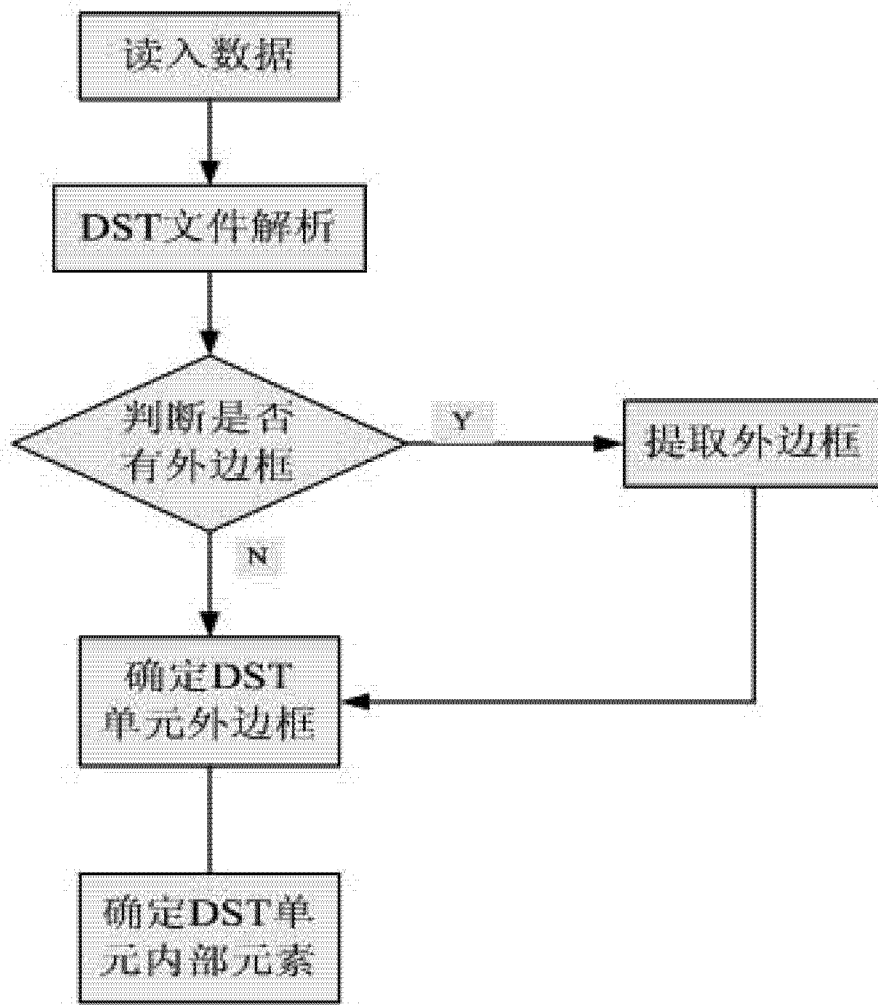


图 4

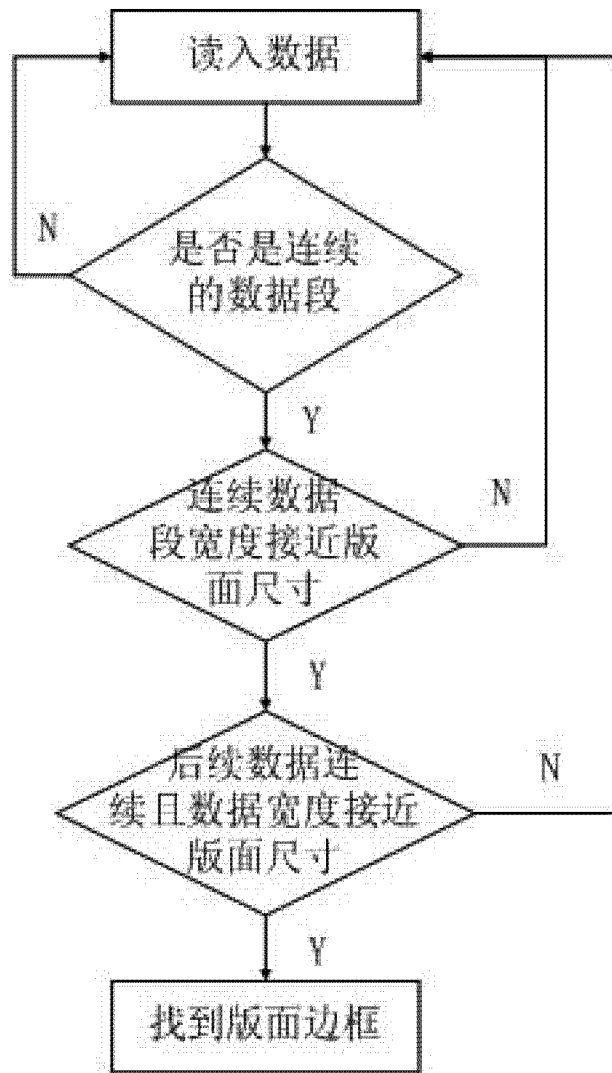


图 5

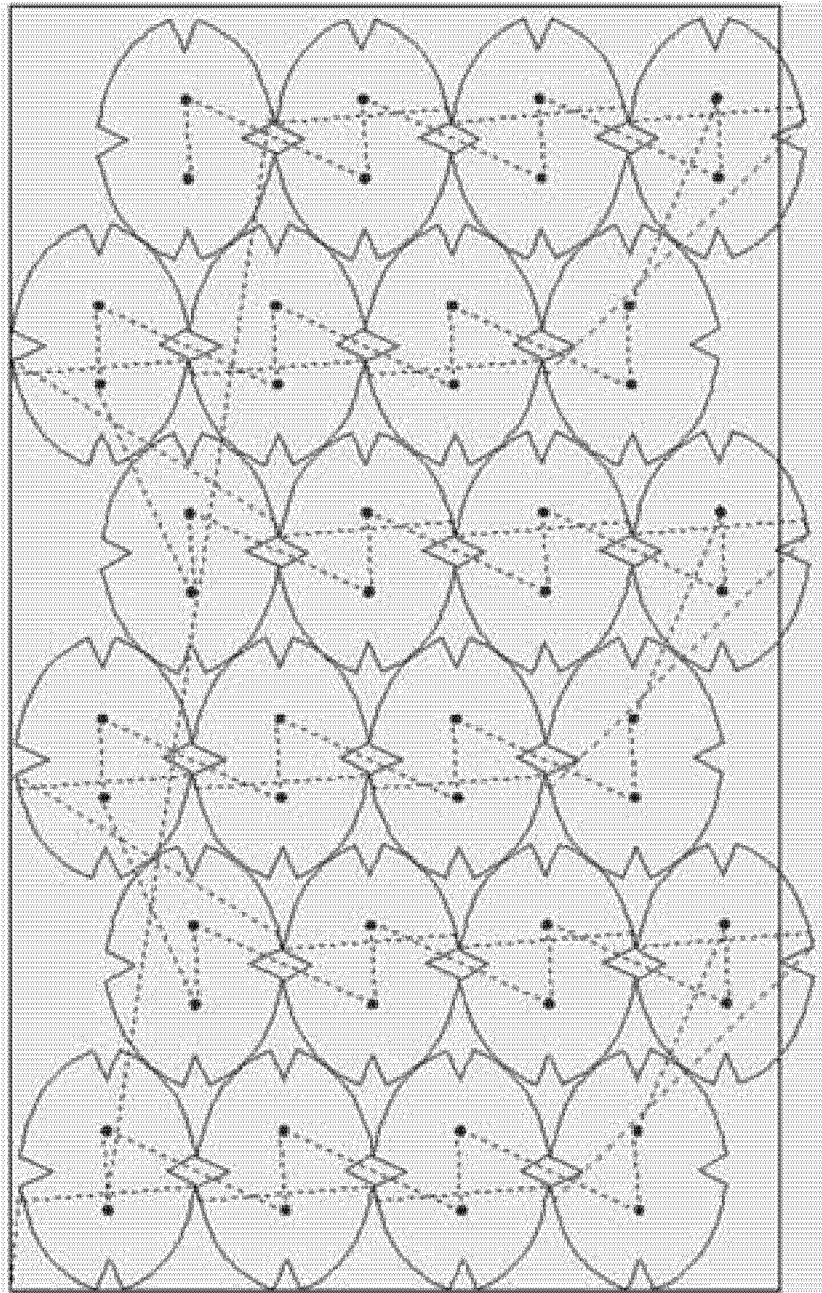


图 6

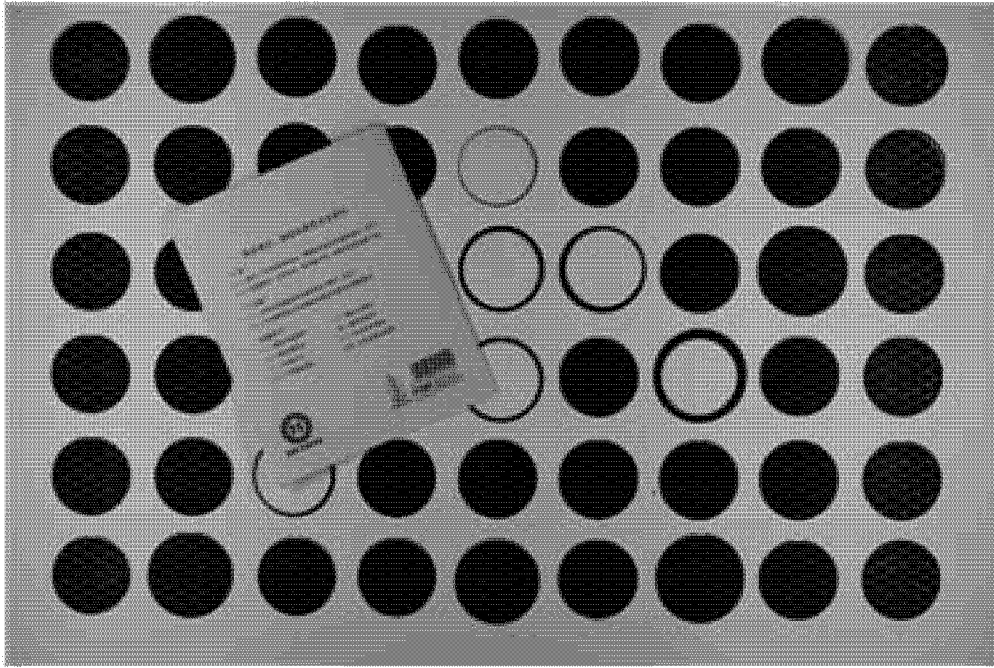


图 7

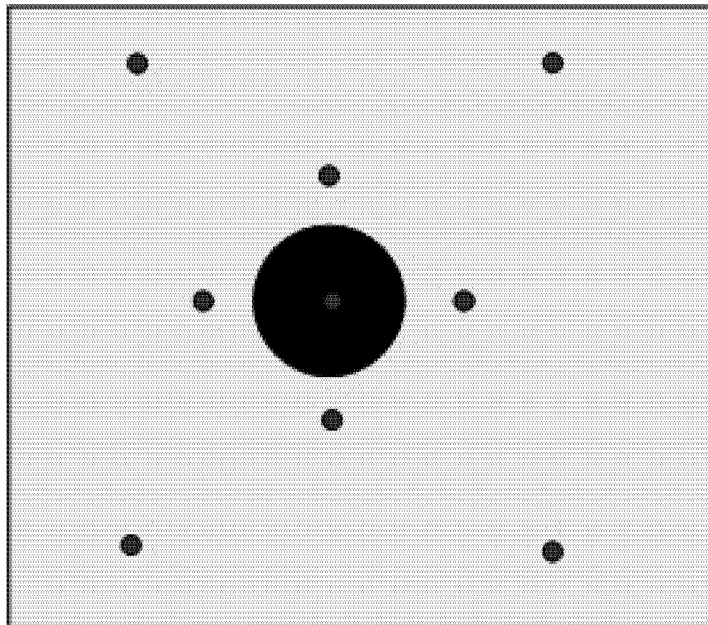


图 8

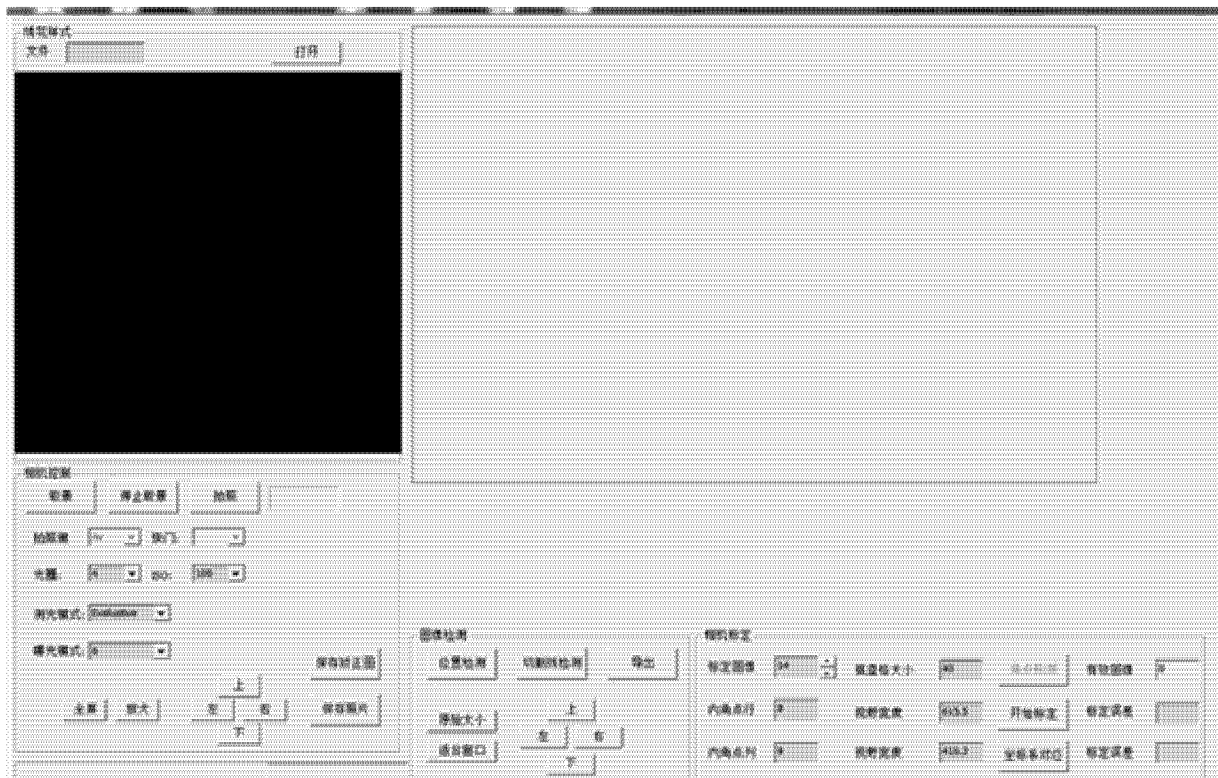


图 9

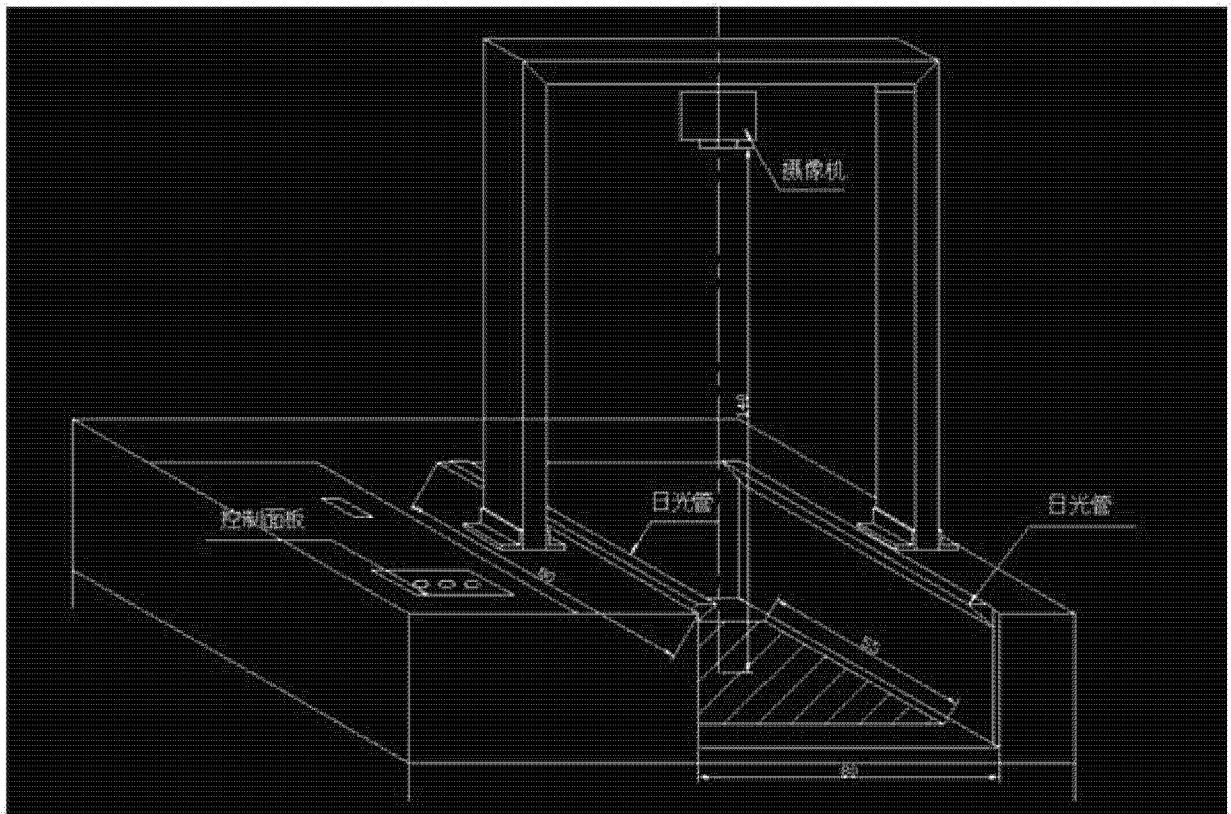


图 10

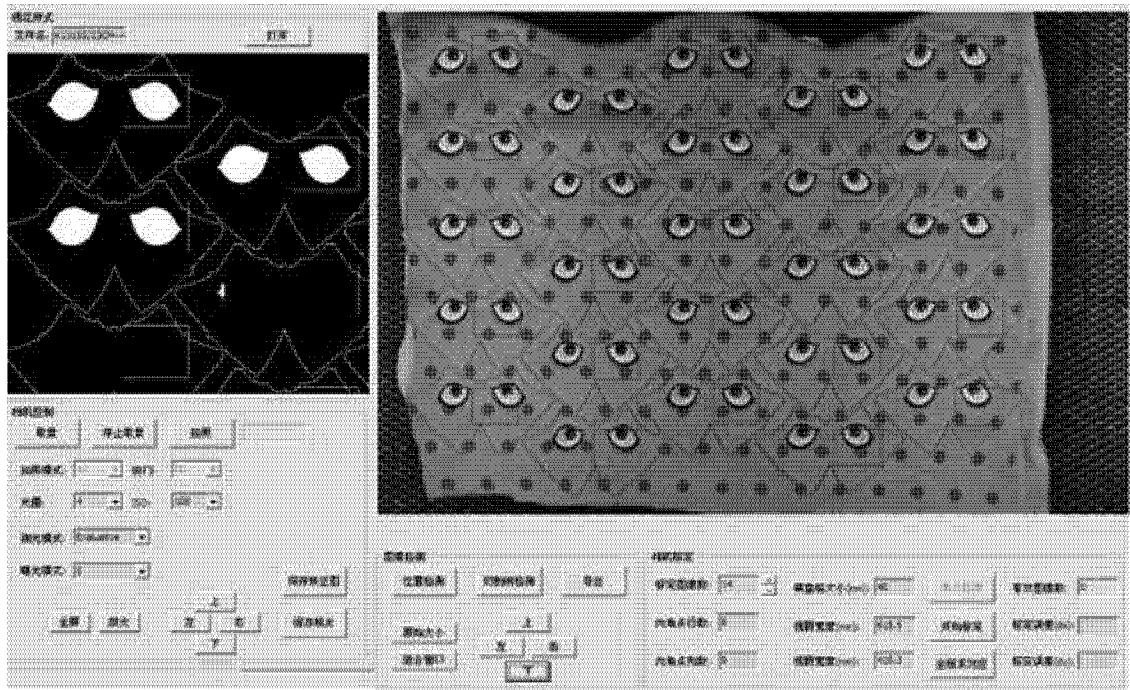


图 11

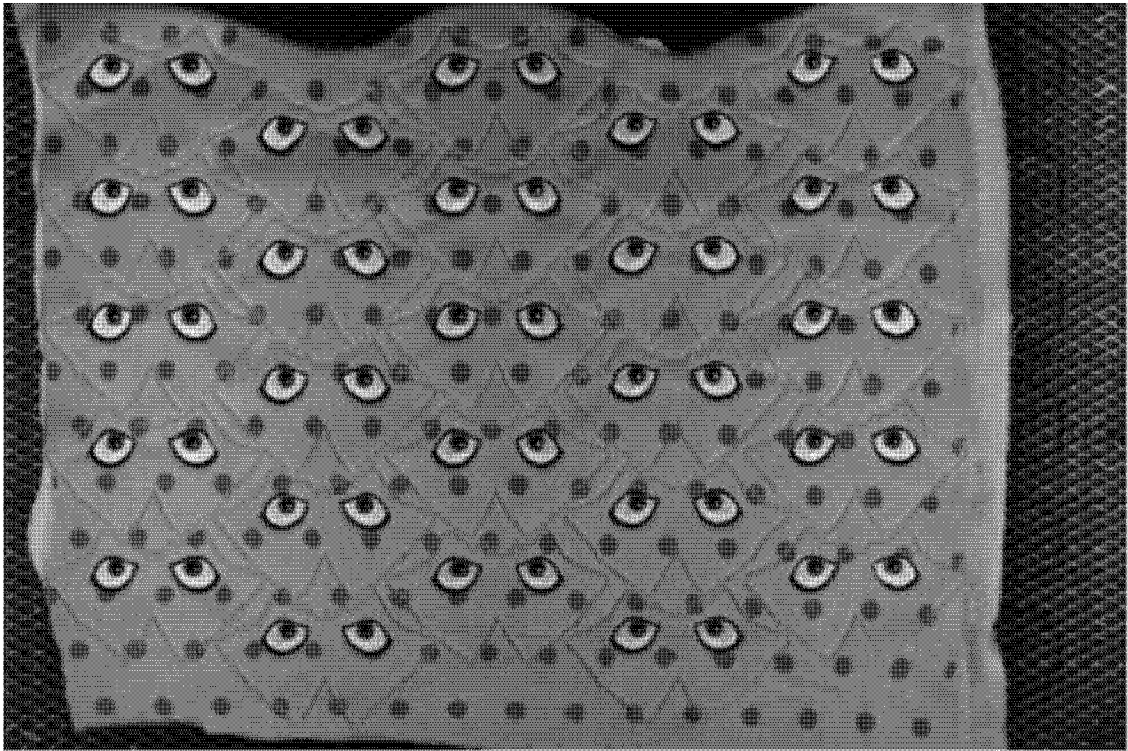


图 12

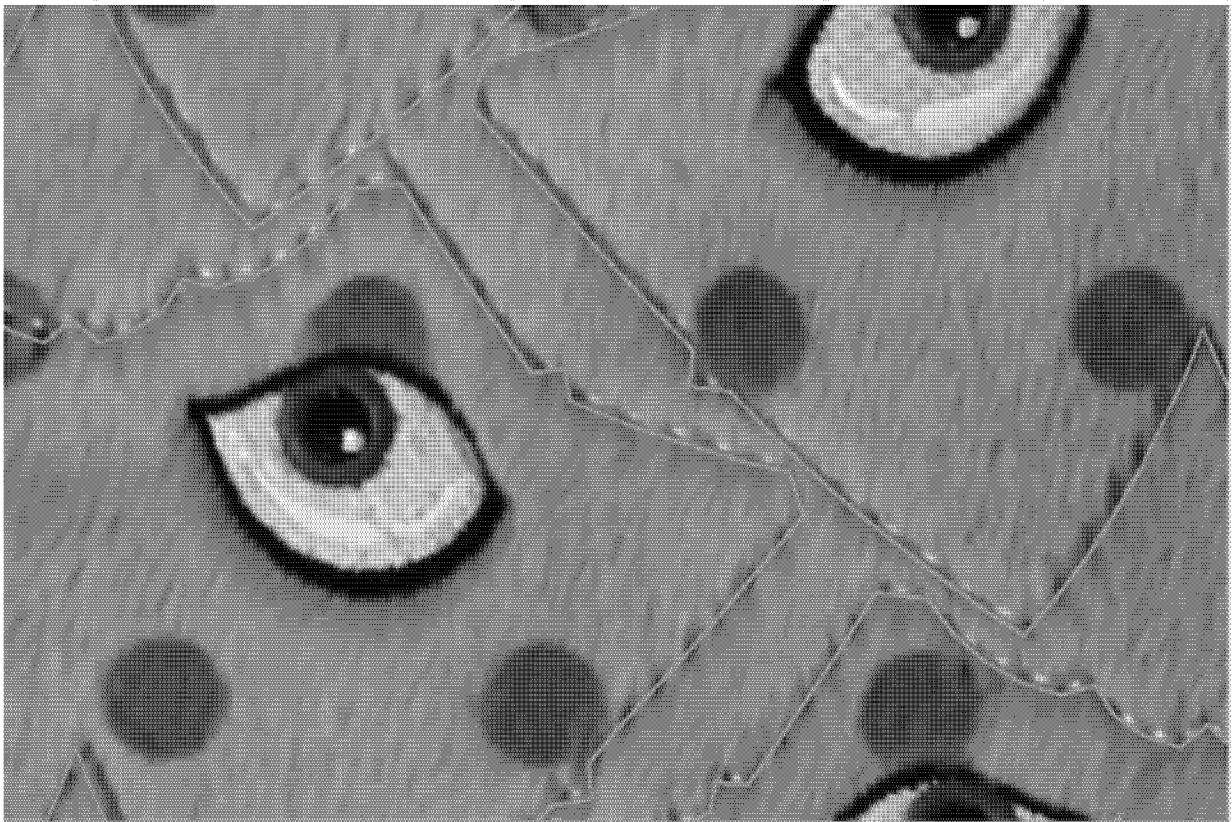


图 13

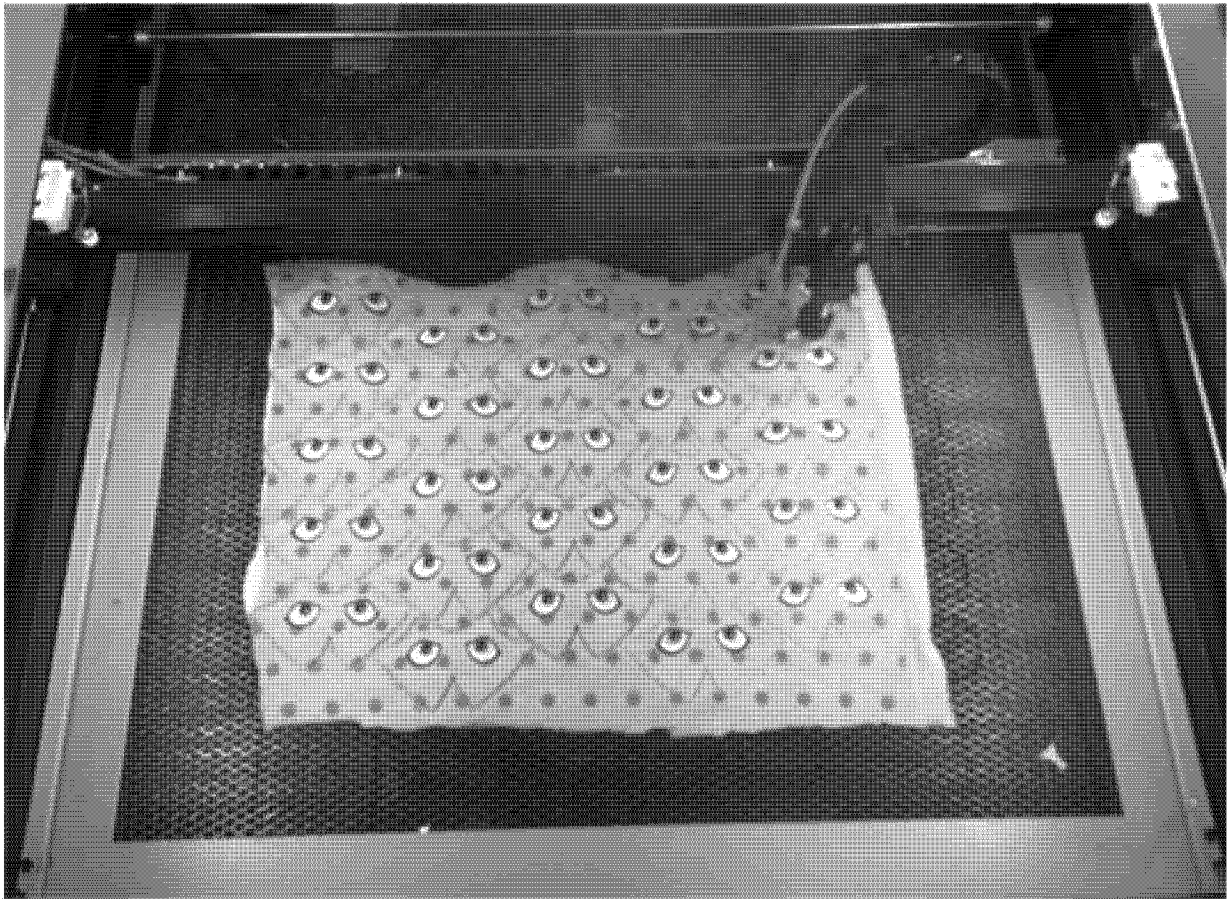


图 14

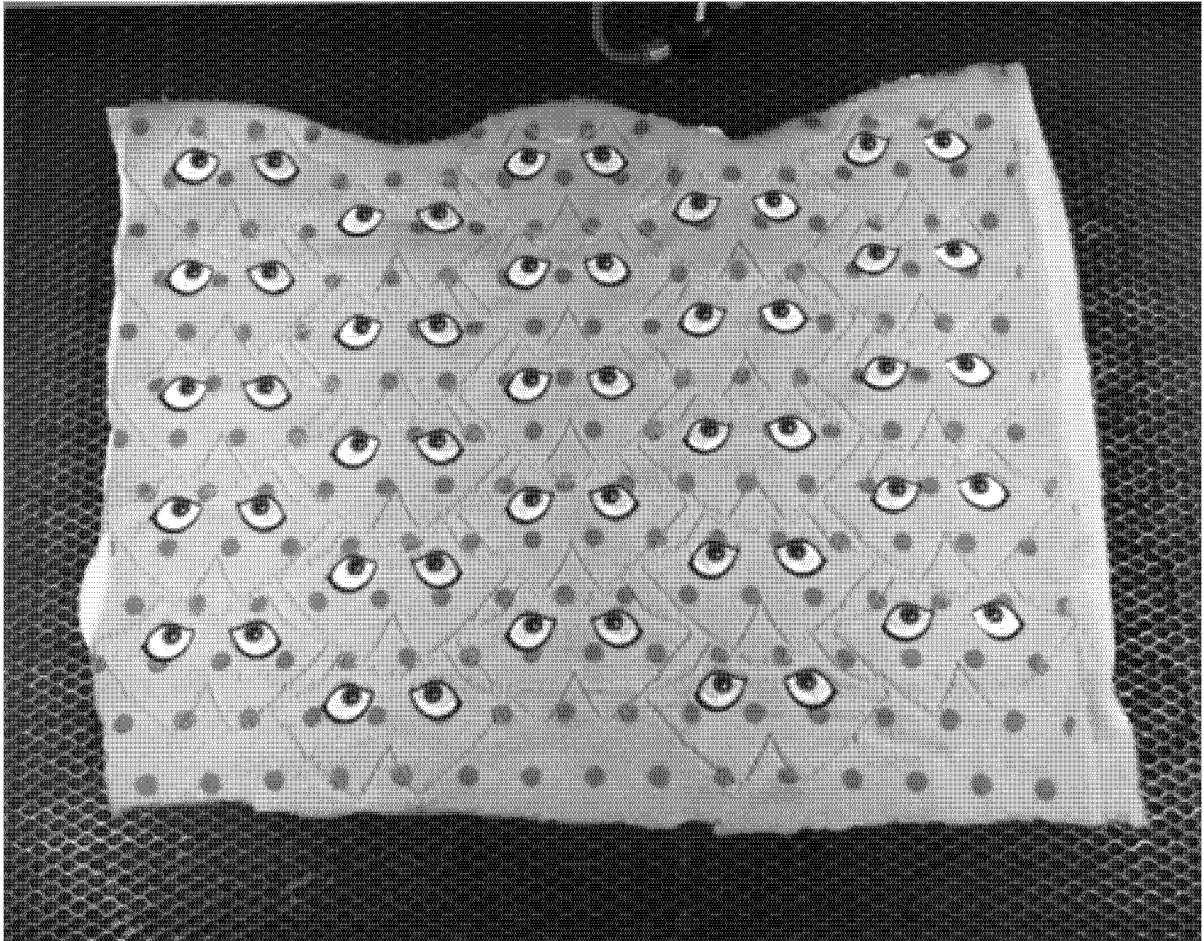


图 15