

基于机器视觉针刺机针板尺寸自动检测技术研究

崔江红¹, 张震¹, 刘俊杰², 杨雷¹, 刘海鹏¹, 朱徐辉¹

(1. 中原工学院, 河南 郑州 450007; 2. 帝费自动化工程技术上海有限公司, 上海 200000)

摘要: 针对实际生产中针刺机针板孔径及孔距检测问题, 提出了一种采用机器视觉算法三坐标机器视觉跟踪检测针板孔径及孔距的非接触测量方法。在 HALCON 平台上使用滤波算子对图像进行运算处理, 然后使用测量算子对图像孔位的直径和孔间距等进行测量。通过对针板孔位尺寸进行多次测试, 分析发现该算法计算时间短, 测量准确度高, 边缘量化精度小于 0.01 mm, 为非织造行业机器视觉检测技术的应用提供了一种有效途径。

关键词: 非织造布机械; 针刺机; 针板; 尺寸检测; 机器视觉; 自动检测

中图分类号: TS101.9

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2018)09-0055-05

Detection technology of needle plate size based on machine vision

CUI Jianghong¹, ZHANG Zhen¹, LIU Junjie², YANG Lei¹, LIU Haipeng¹, ZHU Xuhui¹

(1. Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 450007, China)

(2. DWFRITZ AUTOMATION INC., Shanghai 200000, China)

Abstract: In view of the actual production problem of hole diameter and hole distance detection of needle plate in the needle punched machine, a non-contact measurement method is proposed to detect the hole diameter and hole distance of needle plate by machine vision algorithm. The image is processed by using the filter operator on the HALCON platform, and then the measurement operator is used to measure image hole diameter and hole spacing and size measurement, through several tests of the needle plate hole size. The analysis shows that the algorithm is fast and high accuracy, and edge quantization accuracy is less than 0.01 mm. It provides an effective way for the application of nonwoven industry of machine vision detection technology.

Key words: non-woven machinery; needle loom; faller; size detection; machine vision; automatic detection

我国的非织造布行业自上个世纪 70 年代开始发展, 90 年代后进入快速发展时期, 2007 年我国已经成为世界第二大非织造布生产国。在固结非织造纤维网的诸多方法中, 针刺法是一种最为常见和高效的方法。随着针刺设备制造技术的提高和针刺非织造布生产工艺的发展, 针刺非织造布的产能也迅速上升。近几年针刺非织造布的产量已达非织造布总产量的四分之一, 并有逐年增加的趋势。激烈的市场竞争对针刺非织造布的品质提出越来越高的要求, 因此对生产线的设备配置要求也越来越高^[1-2]。影响针刺非织造布产品质量的因素有很多, 针刺设备性能的影响是最显著的。针刺机针布直接关系到针刺非织造布的布面品质, 因此针布的发展已成为针刺设备生产商和使用商共同关注的焦点。

针布品质的好坏取决于钢针能否与针板完美配合, 因此对针板孔位尺寸的检测成为针刺机生产过程

中的重要一环。目前, 在实际生产中, 针板的检测方式是使用标准塞针进行人工检查或采用数控机床配合人工检测。这种检测方式耗时长、精度低, 难以满足非织造行业日益提高的工业生产需求^[3-4]。

针对这种需求, 本文研究了一种基于机器视觉的高精度针板检测系统。该系统由图像采集设备和图像处理设备组成, 在 HALCON 平台上, 通过滤波算子和测量算子对采集到的针板图像进行处理, 得到针板的尺寸信息, 直接由测量结果判断针板的合格与否^[5]。这种检测方式效率高、精度高, 显著超越了人工检测, 不仅可以降低工厂的人工成本, 提高整个车间的产品出货率, 对于纺织行业发展也具有重要的实用价值。

1 视觉检测系统

1.1 尺寸测量技术要求

待检测的针板实物图见图 1。

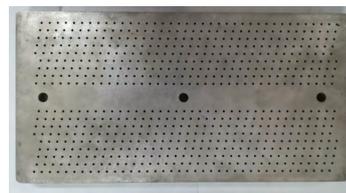


图 1 待检测的针板实物图

该针板有 684 个孔, 每一个孔都要与钢针针柄过

收稿日期: 2017-11-06

基金项目: 河南省高等学校重点科研项目计划(16A460029); 河南省高等学校现代制造装备与仪器重点学科开放实验室项目(2015MEI007)

作者简介: 崔江红(1967—), 女, 教授, 主要从事纺织机械及先进制造技术方面的研究。

通信作者: 张震。E-mail: ziqianwenxuan@foxmail.com。

盈配合,因此其直径尺寸检测至关重要。本文以针孔直径和孔间距为例介绍基于机器视觉的针板尺寸检测系统。其中,针孔直径 D 为 1.83 mm,孔间距 L 为 6.9 mm。针板尺寸见图 2。

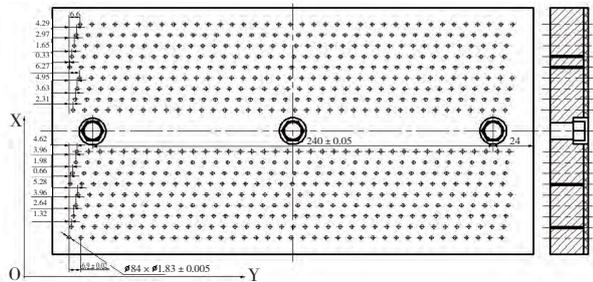


图2 针板检测尺寸图

1.2 系统结构流程

本文设计的视觉检测系统由光源、图像采集设备、图像处理设备三部分组成。系统首先通过光源对手机外壳侧面进行打光处理,然后由图像采集设备进行采图,最后通过图像处理设备进行处理分析,根据分析结果判断产品是否合格。整个设备的结构流程图见图 3。

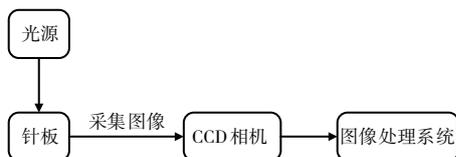


图3 测量系统结构示意图

1.3 结构选型

本系统采用的图像采集方案是使用面阵相机对针板整体拍照,然后对高清晰度的照片进行算法处理。

由于针板为金属制品,表面会有反光,如果光线不能均匀打到针板每一处孔位,那么测量结果将会大大不同。为此本文选用了 OPT 的 AP1024F-4 光源控制器与 4 个条形光源放置在针板的四周,取一个环形光源安置在相机与镜头正下方。多光源共同打光,能够保证采集到的图片不失真。

由于为分块测量,本文选取 40 mm×30 mm 尺寸的目标区域。工业相机选用德国 SVS-VISTEK 的 ECO834MTLGEC(MON0),该相机分辨率为 4 224×2 328,能够满足测量精度的要求。接口为 GigE,便于快速传输图像。镜头选用的是 8 mm 焦距的定焦镜头。软件平台采用 HALCON 和 Visual Studio,系统开发环境为 VC++,利用 HALCON 软件中的 open_framegrabber 函数指明图像采集设备的接口,然后由 grab_image 函数实时读取被检测手机外壳的图像;采集图像并存入计算机硬盘,利用 read_image 函数获取

硬盘中的图片,经过算法运算得出该图的尺寸特征信息,从而实现尺寸测量的功能^[6]。

2 检测原理及算法流程

2.1 系统标定

由于针对图像处理得到的尺寸只是像素距离,要转化成实际尺寸,还需要知道相机在固定焦距下每个像素的实际尺寸。这就需要使用一个标准尺寸的工件对相机进行系统标定,通过标定,可以得到一个实际尺寸和像素距离的参数。这个参数将用于以像素为单位的尺寸转换为以毫米为单位的尺寸^[7]。具体步骤如下:

(1) 选取一个长度尺寸已知的零件作为标准件,将其长度记为 L 。

(2) 将上述标准件放置于视觉检测系统上,在工作条件下测量其像素单位下的长度记为 N 。

(3) 系统的标定参数可通过公式 $K=L/N$ 计算得到。 K 是像素当量,即零件真实值和测量像素值之间的转换系数。

(4) 将运算所得的 K 值存储于系统中,后续产品测得的像素值即可通过系数转换获得零件的实际值,最终完成产品的尺寸检测。

本试验中,选取了长度 $L=200$ mm 的标准件,测得图像中的尺寸为 1 615 像素。所以,系统标定参数 $K=200/1\ 615\approx 0.033$ 。

2.2 视觉检测算法分析与实现

机器视觉尺寸测量中,针对孔组尺寸测量,本文采用基于灰度图像的灰度分布特征,通过滤波与分割找到孔位,并利用 area_center 算子求取每个孔的圆心和面积,用于计算直径和孔间距尺寸。由于整个针板的孔位数量比较大,计算分析任务量大,所以选取了针板的一部分图像进行处理并分析结果^[8]。图像处理过程见图 4。

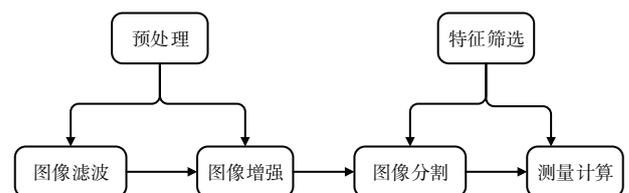


图4 图像处理过程示意图

2.2.1 图像滤波

为了准确测量孔位尺寸,需要一张清晰的图片。首先要对原始图像进行滤波处理。相邻像素均值滤

波、相邻像素中值滤波和高斯滤波是几个处理图像最常应用的滤波方式^[9]。由于车间环境产生的大多数干扰都是噪声干扰或电子脉冲干扰,而去除这些干扰最好采用中值滤波,因此,本文最终选用中值滤波算法,不仅极大地去除了噪声,而且有效地保留了图像的边缘像素信息。

中值滤波是基于排序统计理论的一种能有效抑制噪声的非线性信号处理技术,中值滤波的基本原理是将数字图像或数字序列中一点的值用该点的一个邻域中各点值的中值代替,使周围的像素值接近真实值,从而消除孤立的噪声点。一般选择一个有 m 个元素的模板,使模板依次从手机外壳侧位卡槽的每个像素滑过。设 f_i 为所要进行中值滤波的像素的灰度值, g_i 为中值滤波后该点的灰度值。首先将 f_i 置于模板的中心位置,把模板内所有位置对应的像素灰度值组成一个序列 $f_{i-n}, \dots, f_i, \dots, f_{i+n}$, 其中 $n = (m-1)/2$ 。再将模板内所有位置的灰度值按照大小依次排列,中值滤波的结果便是中间位置的灰度值。当 m 是偶数,输出结果为中间位置两灰度值的均值,见式(1):

$$g_i = \text{mid}\{f_{i-n}, \dots, f_i, \dots, f_{i+n}\} \quad (1)$$

在 Halcon 平台上使用 `median_image(Image, ImageMedian, 'circle', 7, 'mirrored')` 算子对原始图像进行滤波处理,通过滤波可以将上下边缘黑色区域的白色噪点平滑处理掉,减少其对后续计算的干扰。原始图像见图 5,中值滤波结果图像见图 6。

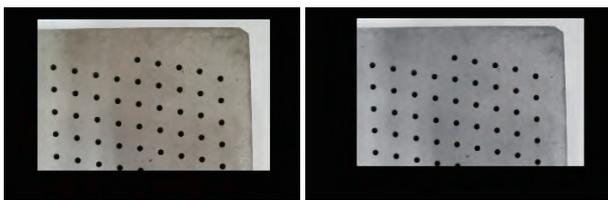


图 5 原始图像

图 6 中值滤波后的图像

2.2.2 图像增强

图像处理过程中,经过滤波处理之后,图像的边缘像素会被过滤掉而变得模糊,为了抵消这种模糊的因素,应增强图像的对比度。频率域法和空间域法是增强图像的两种方法^[10-11]。经过对比验证,本文采用空间域法对图像进行增强。假如原始图像的灰度值为 S_0 ,通过 `medin_image` 中值滤波后灰度值为 S_1 ,结果图像灰度值为 S_2 , $Factor$ 为系数, `round` 为整数的四舍五入运算。对图像的灰度进行变换,见式(2):

$$S_2 = [\text{round}(S_0 - S_1) \times Factor] + S_0 \quad (2)$$

在 Halcon 平台上使用 `emphasize(ImageMedian, ImageEmphasize, 300, 300, 7)` 算子对中值滤波后的图像进行增强处理。增强后的图像效果见图 7。图 7 将图像的灰度对比度变得很大,图像的边缘也更加清晰突出,有利于下一步的边缘检测。

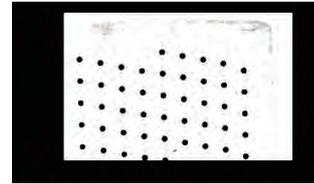


图 7 图像增强后的效果图

2.2.3 连通域分割

为了能够准确检测出针板上每个孔位的尺寸,需要对每一个孔位分别提取计算。在图像分割、目标识别和区域形状分析等领域中,连通域分割是图像处理技术的基础,具体表现在将一整块区域按照面积和距离分割为不同的区域^[12-13]。本文选用的针板图像上有 45 个孔位,要对每一个孔位的尺寸进行分析,必须将每一个孔位分离出来单独计算。孔位都是相互独立的,所以选用了最简单易用的分割方式——连通域提取法。在 Halcon 平台上使用 `connection(Regions, ConnectedRegions)` 算子对预处理后的图像进行分割处理。分割后的效果见图 8,每一个孔位都是一个单独的区域,为下一步拟合圆分析计算做准备。



图 8 边缘分割

2.2.4 拟合圆分析

对于机器视觉检测测量来说,光照对图像测量结果的影响是最大的。因此不仅要在打光阶段采用最好的方案,也要在测量阶段做好最精准的图像分析。在经过连通域分析获得每一个孔位的单独区域后,需要对每一个孔位再次进行拟合圆分析,以确保后续的计算结果都是建立在圆孔的计算上。在 Halcon 平台上首先使用 `count_obj(SelectedRegions, Number)` 和 `select_obj(SelectedRegions, SingleSegment1, i)`, 其中 `SelectedRegions` 为原始区域, `Number` 为整个原始区域中圆孔的个数, `SingleSegment1` 为选中的圆孔区域, `i` 为循环个数。通过这两个算子联合计算,可以将每个孔位分别

提取计算,然后使用 `smallest_circle (SingleSegment1, Row, Column, Radius1)` 算子对孔位的图像建立最小外接圆分析,确定圆心和半径。然后使用 `gen_circle (Circle, Row, Column, Radius1)` 算子以 `(Row, Column)` 为圆心,以 `Radius1` 为半径建立一个新的区域。这个区域就是要计算的孔位。拟合前的效果见图9,拟合后的效果见图10。

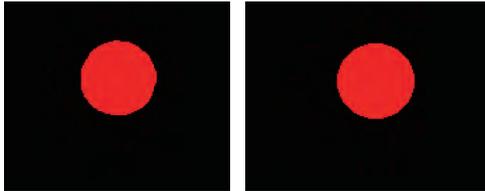


图9 拟合前的圆孔 图10 拟合后的圆孔

2.2.5 孔位尺寸测量

针板尺寸测量的首要因素是找到针板图像的检测特征,也就是找到圆孔。首先由原始图像入手,经过预处理后,原图像孔的信息就清晰地呈现出来,并且由于强化处理使得孔的图像信息凸显出来。然后对其进行图像分割处理,可以得到每一个孔的单个区域。对其进行区域圆拟合之后,就可以得到最近似的圆孔区域,再对这个圆区域进行计算。

首先要确定整个测量区域孔位的数量。由 `count_obj (SelectedRegions, Number)` 算子在连通域分析之后进行计算,其中 `SelectedRegions` 即是连通域分析之后的图像, `Number` 的数量即是针板孔位的数量。

然后计算每个孔位的直径。在计算之前,首先要将原始区域图像转化为每一个孔区域的图像。这就需要设置一个 `FOR` 循环,将45个孔依此循环显示。循环方式如下:

```
for i:= 1 to Number by 1
select_obj (SelectedRegions, SingleSegment1, i)
Endfor
```

其中, `Number` 为原始区域中孔的数量, `select_obj` 算子是一个选择算子。

`SelectedRegions` 是原始区域, `SingleSegment1` 是选择出来的单个区域,这个区域就是要计算的目标区域。`i` 为依次循环的圆孔。

接下来对每一个孔区域进行计算。首先由 `area_center (Circle, Areai, Rowi, Columni)` 算子计算出每一个孔位的面积与圆心坐标,然后计算每个孔位的直径尺

寸,见式(3):

$$\text{Diameter}_i = 2 \times \sqrt{\text{Area}_i / \pi} \quad (3)$$

如果需要对每个孔径进行分析处理,就需要储存每一次计算的结果。储存数据需要3个算子。首先打开一个表格文件,使用算子 `open_file ('C:/Users/Administrator/Desktop/Excel.xls', 'output', FileHandle)` 打开 Excel 所在的文件路径。当计算每个孔直径尺寸的时候,由 `fwrite_string (FileHandle, i+' '+Areai+Diameteri+' '+Diameteri)` 算子写入文件,便于之后对测量结果的分析。

当 $i=1$ 时,可以由 `area_center` 算子得到第一个区域的圆心坐标 `(Row1, Column1)`; 当 $i=2$ 时,可以得到第二个区域的圆心坐标 `(Row2, Column2)`; 然后由 `distance_pp (Row1, Column1, Row2, Column2, Distance)` 算子,便可计算出两个孔位之间的距离 `Distance`。

计算结束后,需要将测量信息显示在图像上。这就需要如下算子:

```
disp_message (WindowHandle, '针板孔数量' +
Number, 'window', 0, 10, 'black', 'true');
disp_message (WindowHandle, '两孔之间距离' +
Distance, 'window', 20, 10, 'black', 'true');
disp_message (WindowHandle, '孔直径' + Diameter,
'window', 40, 10, 'black', 'true')。
```

显示结果见图11。

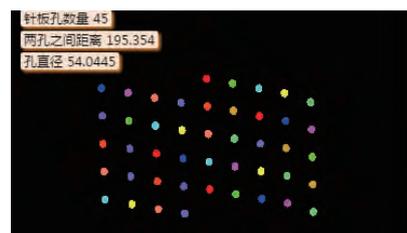


图11 针板检测结果图

3 试验结果及分析

通过以上步骤可以准确地测出针板孔位尺寸的直径和孔间距尺寸,通过相机标定,可以知道本系统像素 (pixel) 与长度单位 (mm) 间的转换关系 $K = 200/1615 \approx 0.033 \text{ mm/pix}$ 。经过转换,可以得到确切的测量尺寸并对其进行分析。测量结果见表1。可见,对该针板每一个孔位的尺寸进行分析,发现误差都小于0.01,证明该块针板质量合格。经过反复验证,测量系统满足企业测量精度的要求,具有一定的可行性和使用价值。

表1 测量结果分析

| 针板孔位 | 针孔直径 像素值/pixel | 针孔直径/mm | 偏差 | 针板孔位 | 针孔直径 像素值/pixel | 针孔直径/mm | 偏差 |
|------|-------------------|---------|---------|------|-------------------|---------|---------|
| 1 | 55.673 5 | 1.837 2 | 0.007 2 | 24 | 55.713 5 | 1.838 5 | 0.008 5 |
| 2 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 | 25 | 55.583 5 | 1.834 3 | 0.004 3 |
| 3 | 55.513 5 | 1.831 9 | 0.001 9 | 26 | 55.613 5 | 1.835 2 | 0.005 2 |
| 4 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 | 27 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 |
| 5 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 | 28 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 |
| 6 | 55.593 5 | 1.834 6 | 0.004 6 | 29 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 |
| 7 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 | 30 | 55.713 5 | 1.838 5 | 0.008 5 |
| 8 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 | 31 | 55.713 5 | 1.838 5 | 0.008 5 |
| 9 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 | 32 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 |
| 10 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 | 33 | 55.613 5 | 1.835 2 | 0.005 2 |
| 11 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 | 34 | 55.713 5 | 1.838 5 | 0.008 5 |
| 12 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 | 35 | 55.513 5 | 1.831 9 | 0.001 9 |
| 13 | 55.703 5 | 1.838 2 | 0.008 2 | 36 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 |
| 14 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 | 37 | 55.613 5 | 1.835 2 | 0.005 2 |
| 15 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 | 38 | 55.693 5 | 1.837 9 | 0.007 9 |
| 16 | 55.713 5 | 1.838 5 | 0.008 5 | 39 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 |
| 17 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 | 40 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 |
| 18 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 | 41 | 55.513 5 | 1.831 9 | 0.001 9 |
| 19 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 | 42 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 |
| 20 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 | 43 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 |
| 21 | 55.513 5 | 1.831 9 | 0.001 9 | 44 | 55.663 5 | 1.836 9 | 0.006 9 |
| 22 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 | 45 | 55.502 1 | 1.831 6 | 0.001 6 |
| 23 | 55.683 5 | 1.837 6 | 0.007 6 | — | — | — | — |

4 结 语

本文根据针刺机针板孔位尺寸的检测要求研究了一种基于机器视觉算法的尺寸检测方案,利用 Halcon 平台设计出检测方案并进行了稳定性试验。对测量结果进行分析,发现该方法误差小,效率高,远高于人工

(上接第 43 页)

是经向管状织物依靠纬纱弹力产生收缩从而形成管子,但纬浮长依然存在。这些纬浮长容易受外在因素影响而断头,影响经向管状织物的质量。此外由于浮长线的存在,经向管状织物的外观也不如纬向管状织物。在形成纬向管子时,由于纬纱在地经纱上产生滑移,当管子形成后,织物表面不再有经浮长,因而织物更加美观,质量更好。



塞针的检测精度,能够满足工厂生产需求。如果配合运动控制系统,便可完成测量系统的自动化操作,可大大提升车间的生产效益。



参考文献:

- [1] 付宝云,汪之光.针刺机针板的布阵原理及设计[J].纺织机械,2013(5):19-21.
- [2] 付宝云,施纯秒,汪之光,等.针刺机针板的布阵原理及设计[J].产业用纺织品,2013(11):41-43.
- [3] 范松林.非织造针刺机针板的布针设计(上)[J].非织造布,2005(2):12-15.
- [4] 范松林.非织造针刺机针板的布针设计(下)[J].非织造布,2005(3):14-18.
- [5] 关胜晓.机器视觉及其应用发展[J].自动化博览,2005(3):88-92.
- [6] 傅骏.基于机器视觉的汽车换热器尺寸测量及外观检测系统设计[D].南京:南京理工大学,2014.
- [7] 刘杰,安博文.基于动态阈值分割的目标提取技术[J].电子技术应用,2012,38(8):20-22.
- [8] 顾勇,何明昕.基于机器视觉的啤酒瓶检测系统研究[J].计算机工程与设计,2012,33(1):248-253.
- [9] 顾思妍.机器视觉的直线检测技术与应用研究[D].广州:广东工业大学,2011.
- [10] 徐健,卢怡.非织造针刺机针板的计算机设计方法及分析[J].产业用纺织品,2011(11):32-37.
- [11] 高振宇,杨晓梅,龚剑明,等.图像复杂描述方法研究[J].中国图像图形学报,2010,15(1):129-135.
- [12] 杨杰.基于机器视觉的瓶口缺陷检测算法研究及系统开发[D].广州:广东工业大学,2012.
- [13] 刘国阳.基于机器视觉的微小零件尺寸测量技术研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2014.

参考文献:

- [1] 陆宗源.管形织物的组织设计[J].纺织器材,2013,40(3):136-138.
- [2] 佟响.纬向管状织物的设计与生产[J].棉纺织技术,2016,44(5):67-70.
- [3] 张国辉,郭其生.弧形织物与局部管状织物的生产[J].棉纺织技术,2006,34(1):33-34.
- [4] 沈兰萍.织物结构与设计[M].北京:中国纺织出版社,2005.
- [5] 蔡永东.新型机织设备与工艺[M].上海:东华大学出版社,2008.

保 护 环 境 利 国 利 民