

# 基于欧氏距离的细纱断纱检测

王雯雯, 赵 静, 刘基宏

(江南大学 生态纺织教育部重点实验室 江苏 无锡 214122)

**摘要:** 断纱检测是细纱生产管理的重要组成部分,为实现在移动装置上检测细纱断纱的自动检测,文章提出了基于图像处理的断纱检测方法。采集纺纱段细纱图像后,进行欧氏距离线性映射、二值图像变换、阈值分割、连通域去噪、图像膨胀等预处理,得到清晰的细纱图像,然后通过对细纱像素点的统计分析得到细纱断纱情况。对 20S、40S 和 60S 三种典型细纱生产过程中纺纱段的二值图像分析,结果表明,所述方法能够正确判断纺纱段和气圈段的断纱情况。

**关键词:** 欧式距离; 气圈段; 纺纱段; 断纱; 细纱; 图像处理

中图分类号: TS111.9

文献标志码: A

文章编号: 1001-7003(2018)01-0035-06

引用页码: 011107

## Detection of spun yarn breakage based on Euclidean distance

WANG Wenwen , ZHAO Jing , LIU Jihong

(Key Laboratory of Eco-Textiles , Ministry of Education , Jiangnan University , Wuxi 214122 , China)

**Abstract:** Broken yarn inspection is an important part of spun yarn production management. In order to achieve automatic detection of spun yarns on the mobile device , a method of spun yarn detection based on image processing was proposed. After spun yarn images of the spinning section were collected , the Euclidean distance linear mapping , binary image transformation , threshold segmentation , connected domain denoising , image expansion and so on were used to obtain the clear spun yarn images , and then through the statistical analysis of the yarn pixels , broken yarn situations of sun yarns were gained. Through binary image analysis of the 20S 40S and 60S yarns in the spinning section of production process , the results show that the method can correctly judge the yarn breakage of the spinning section and the balloon section.

**Key words:** Euclidean distance; balloon section; spinning section; broken yarn; spun yarn; image processing

在细纱生产中,细纱断纱率是评价生产质量的一个重要指标之一,极大地影响了劳动生产率。细纱断纱多,增加挡车工的劳动量,发现不及时影响产量,频繁接头影响成纱质量<sup>[1-5]</sup>。因此,在纺纱生产中降低细纱断纱率成为了一项重要课题,是提高企业生产效率的关键之一。

关于细纱机断纱自动检测的方案早在 30 多年

前就已提出,检测手段也有多种方式。从结构类型上,可以分为定点检测和巡回检测<sup>[6]</sup>。其中定点检测是指检测装置固定在细纱机的每一个锭子上,通过检测锭子上的运动元件从而判断相关的纱线有没有断纱;巡回检测是指检测装置固定在细纱机的一侧,通过导轨和发动机完成往复运动,在运动的过程中检测纱线是否断纱<sup>[7-8]</sup>。从检测原理上,可以分为钢丝圈运动光电扫描、钢丝圈运动电磁感应、钢丝圈摩擦热敏感、导纱钩纱条光路遮断等<sup>[9]</sup>。

有许多厂商推出了相关产品,但是并没有基于图像检测纱线断纱的算法。苟永波提出了一种基于视觉效果的巡回式断纱检测装置<sup>[10]</sup>,并没有对检测算法做出解释,也没有区分纺纱段断纱及气圈段断纱的情况。本文在以往研究的基础上,通过图像处

收稿日期: 2017-05-06 修回日期: 2017-12-01

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目 (JUSRP51417B); 江苏高校优势学科建设工程资助项目 (苏政办发〔2014〕37号)

作者简介: 王雯雯(1993—),女,硕士研究生,研究方向为纺织图像处理。通信作者: 刘基宏,教授,7485830@qq.com。

理技术,提出一种新的断纱检测方式。将相机安装在移动装置上,采集细纱机动态细纱图像,并使用图像处理软件处理,判断细纱是否断纱,期望为实现独立的巡回式断纱检测小车奠定基础。

## 1 图像采集设备

实验使用设备为像素500万的索尼CCD工业相机,选择分辨率为 $2592 \times 1944$ ,设置最大曝光时间77 ms,该相机通过USB接口供电,通过电脑对图像进行捕捉。实验中对环锭纺的纺纱段进行图像采集,采集区域如图1中红色区域,即纺纱段。为适用于移动装置上的相机高度与细纱机叶子板一致并平行于细纱机叶子板,相机距离叶子板15 cm,图2为采集到的原始细纱图像。

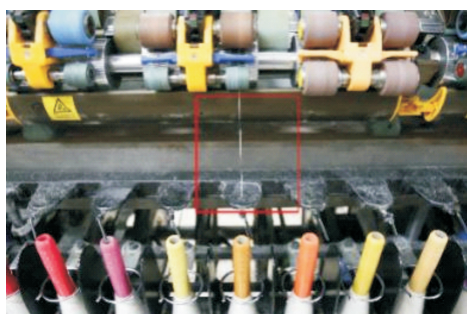


图1 图像采集区域

Fig. 1 Image acquisition area

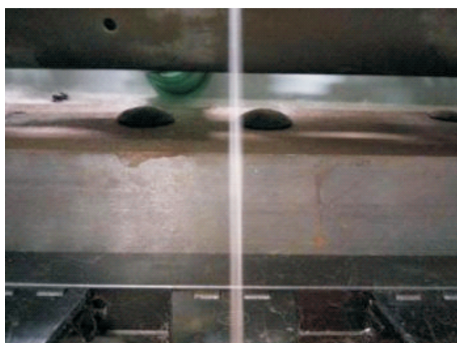


图2 原始细纱图像

Fig. 2 Original yarn image

## 2 图像处理

### 2.1 纱线图像处理流程

图像中纱线背景比较冗杂,纱线由于钢丝圈带动加捻卷绕存在左右的运动,叶子板由于反光,部分区域颜色与纱线相同。用相机捕获环锭纺细纱机纺纱状态下的纱线图像,由于纱线高速运动,相机焦距不稳定,实验车间的光照、杂质等各种因素会造成图

像中细纱不同位置的亮度存在差异,影响到细纱特征值的提取。

为了得到清晰的细纱图像,先对采集到的原图像进行预处理<sup>[11]</sup>,再进行二值分割,逐步改善图像质量,突出目标图像,去除杂质和噪声,使图像中的细纱主体更为清晰、突出,具体流程如图3所示。

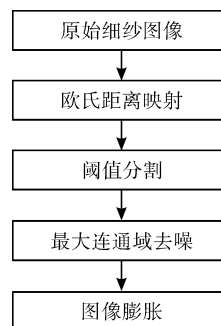


图3 图像处理流程

Fig. 3 Image processing flow chart

### 2.2 欧氏距离线性映射

颜色距离指的是两个颜色之间的差距,通常距离越大,两个颜色相差越大,反之,两个颜色越相近。在计算颜色距离时,有类似计算两点间欧式距离的公式一样,欧氏距离的大小,反映了两个像素之间的相似程度,即数值越小,两个像素之间的差异越小。通过观察采集到的原始细纱图像可以发现,细纱区域颜色较整个背景凸出,细纱机叶子板因为光照原因,反光较多导致背景部分较亮。通过颜色空间的欧氏距离的计算,可以将细纱与背景明显区分开。

RGB颜色空间以R( Red)、G( Green)、B( Blue)三种基本色为基础,进行不同程度的叠加,产生丰富而广泛的颜色,所以俗称三基色模式<sup>[12]</sup>。在大自然中有无穷多种不同的颜色,而人眼只能分辨有限种不同的颜色。RGB颜色模型是三维直角坐标颜色系统中的一个正方体。以24位存储的方式,RGB模式可表示1600多万种不同的颜色,在人眼看来它非常接近大自然的颜色,故又称为自然色彩模式。

在RGB空间内,颜色距离表达式为:

$$\| C_1 - C_2 \| = \sqrt{(R_1 - R_2)^2 + (G_1 - G_2)^2 + (B_1 - B_2)^2} \quad (1)$$

式中: $C_1$ 和 $C_2$ 为两个不同颜色的点, $R_1$ 和 $R_2$ 为颜色1和颜色2的R通道, $G_1$ 和 $G_2$ 为颜色1和颜色2的G通道, $B_1$ 和 $B_2$ 为颜色1和颜色2的B通道。

$R_1G_1B_1$ 取原始图像中纱线上一点的RGB值, $R_2G_2B_2$ 为原始图像中其他点的RGB值,通过式(1)

计算图像中各个点与纱线上该点的欧氏距离,并由热力图的方式来表示欧氏距离。颜色距离越小在图中由蓝色表示,颜色距离越大由红色表示,如图 4 所示。

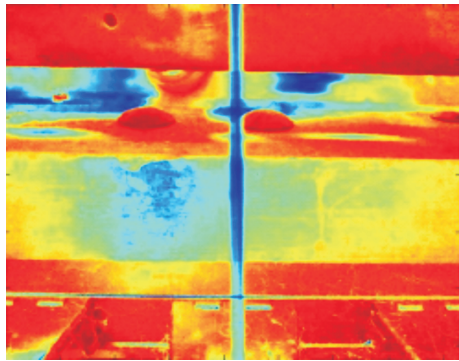


图 4 RGB 空间欧氏距离线性映射图像

Fig. 4 Linear mapping image of RGB space Euclidean distance

Lab 颜色空间是基于人眼对颜色的感知,可以表示人眼所能感受到的所有颜色,它是用数字化的方法来描述人的视觉感应<sup>[13]</sup>。Lab 颜色空间中的  $L^*$  表示像素的亮度,取值范围是  $[0, 100]$ ,表示从纯黑到纯白;  $a^*$  表示从红色到绿色的范围,取值范围是  $[-128, 127]$ ;  $b^*$  表示从黄色到蓝色的范围,取值范围是  $[-128, 127]$ 。在 Lab 空间内,颜色距离表达式为:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (2)$$

通过热力图的方式来表示欧氏距离,如图 5 所示。

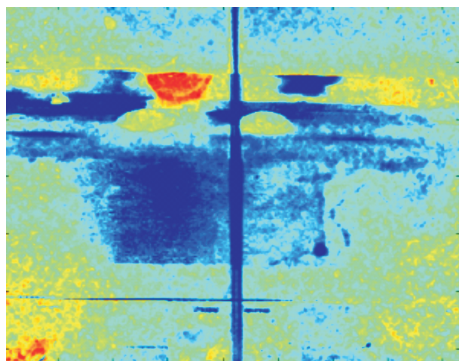


图 5 LAB 空间欧氏距离线性映射图像

Fig. 5 Linear mapping image of LAB space Euclidean distance

### 2.3 阈值分割

欧氏距离线性映射后的图像中,纱线部分颜色明显区别于背景的纺纱机机件,由于光照等原因,背景中部分区域颜色与纱线颜色接近,对提取纱线图像造成干扰,所以对叶子板前的纱线图像进行截取。如图 6 中黑色矩形框区域,截取图像并不影响最终断纱情况的判断。对截取的图像进行阈值分割,将与纱线区域颜色相同的像素值直接变为 255,其他部

分的像素值为 0,得到图 7 所示的纱线二值图像。由图 7 可以看出,阈值分割可以有效地分离出纱线图像,消除背景等干扰因素,并且保留纱线的完整性。

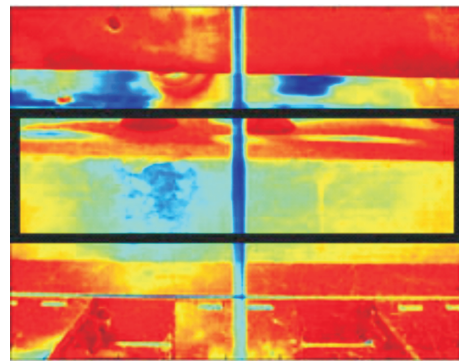


图 6 图像截取区域

Fig. 6 Image interception area



图 7 阈值分割图像

Fig. 7 Threshold segmentation image

### 2.4 图像去噪及膨胀

细纱机叶子板因为光照原因,反光较多导致图像中纱线背景部分较亮,其颜色与纱线颜色基本一致,所以阈值分割后图像有噪点(图 7)。由于噪点区域较小,通过保留最大连通域,消除噪点。

图像的膨胀是把结构元素  $B$  平移  $a$  后得到  $Ba$ ,若  $Ba$  击中  $X$  则记下这个  $a$  点<sup>[14]</sup>。所有满足上述条件的  $a$  点组成的集合称作  $X$  被  $B$  膨胀的结果。用公式表示为:

$$D(x) = \{ a | Ba \uparrow X \} = X \oplus B \quad (3)$$

其中采用的结构元素是半径为 17 的圆盘<sup>[15]</sup>。图像去噪后的纱线图像将阈值分割中的噪点去除,经过图像膨胀后,得到图 8(a),纱线图像更为清晰,图像更加整洁。



(a) RGB空间欧氏距离映射后的形态学膨胀图



(b) Lab空间欧氏距离映射后的形态学膨胀图

图 8 形态学膨胀图像

Fig. 8 Morphological expansion image

图8(a)(b)采用的是RGB空间和Lab空间下欧氏距离图经过处理后的最终结果,对比发现,RGB空间的欧氏距离映射图效果好于Lab空间的欧氏距离映射图。原因在于Lab空间下的欧氏距离映射图像没有将纱线部分与背景明显区别开,Lab空间的 $L^*$ 值表示的是图像的亮度,在叶子板反光较亮的情况下,无法有效地提取纱线部分,导致阈值分割无法分割出纱线,因此实验采用在RGB空间的欧氏距离映射对纱线图像计算色差。

### 3 实验

实验选取了TH558细纱机上纺制的20S、40S和60S的全棉精梳纱,纱线参数见表1,纺纱所采用纤维参数见表2。对这三种细度的纱线在正常纺纱时进行图像采集。

表1 图像法采集纱线

Tab.1 Yarn collection by image method

细度	锭速/( $r \cdot \text{min}^{-1}$ )	捻度/(捻回 $\cdot \text{m}^{-1}$ )
60S	12 000	1 660
40S	12 000	1 660
20S	12 000	1 660

表2 原棉性能参数

Tab.2 Performance parameter of raw cottons

回潮率/%	含杂率/%	线密度/dtex	平均长度/mm	短绒率/%	马克隆值	断裂比强度/( $\text{cN} \cdot \text{tex}^{-1}$ )
7.72	2.23	1.76	29.080	9.200	4.260	31.400

图像采集过程中,出现了气圈段断纱的情况,如图9所示。当纱线断纱发生在气圈段时,纱线一端缠绕在导纱钩上,另一端被吸风口吸住,因此叶子板前仍存在纱线。单纯地比较图像中是否存在纱线容易产生较大的误差,所以对气圈段发生的断纱情况进行图像处理,如图10所示。

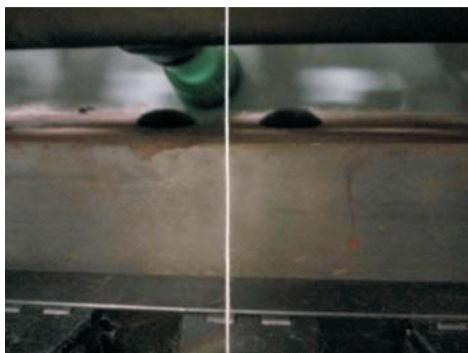


图9 气圈段断纱图像

Fig.9 Broken yarn image of balloon segment



图10 气圈段断纱二值图像

Fig.10 Binary image of broken yarn in balloon segment

对比细纱原图可以发现,纺纱中的纱线由于钢丝圈的加捻卷绕运动会产生抖动,而断纱后的纱线一端被吸风口给予了一个张力,由于吸风口的气流变化,纱线会产生轻微抖动,并不影响图像的采集。为区分这两种情况,对正常纺纱和气圈段断纱的情况分别进行图像采集。

### 4 测试结果与分析

#### 4.1 断纱情况判断

细纱机正常纺纱和气圈段断纱时采集到的图像中,都存在细纱,如图11、图12所示。但是对比两图的二值图像可以发现,纺纱时的细纱图像纱线部分面积更大,通过计算纱线部分像素点在整个二值图像中所占比例从而判断是否断纱。



图11 正常纺纱图像

Fig.11 Normal spinning image



图12 气圈段断纱图像

Fig.12 Broken yarn image of balloon segment

当纺纱段发生断纱时,气圈段和纺纱段都不存在纱线,采集图像如图13所示,二值化图像如图14所示。图像中不存在细纱,白色像素点数目为0。判断断纱情况时,通过设定像素点比例阈值,检测是否断纱。

#### 4.2 气圈段断纱结果与分析

在开机20 min后对纺制的细纱连续采集100张图像,并对气圈段断纱的情况采集100张图像,共获取200张纱线图像。对采集好的纺纱图像和气圈段断纱图像二值化处理,并根据下式计算统计图像中纱线部分像素点的比值:



图 13 纺纱段断纱图像  
Fig. 13 Broken yarn image of spinning section



图 14 纺纱段断纱二值图像  
Fig. 14 Binary image of spinning section

$$f = \frac{S_1}{S} \quad (4)$$

式中:  $f$  为二值图像中像素值为 255 的点在整图中所占比例,  $S_1$  为二值图像中像素值为 255 的点总和,  $S$  为二值图像像素点总和。

由于数据较大,表 3 统计了三种纱线正常纺纱的最小值及气圈断纱的最大值,表 4、表 5 和表 6 按照时间顺序显示了部分统计结果。

表 3 细纱二值图像白色像素点比例最值  
Tab. 3 Optimal proportion value of white pixel of spun yarn binary image

纱线细度/S	正常纺纱 min/%	气圈断纱 max/%
60	6.0	5.2
40	10.6	6.6
20	10.8	7.5

表 4 60S 细纱二值图像白色像素点比例  
Tab. 4 White pixel ratio of 60S yarn binary image

纱线编号	正常纺纱 $f$ /%	气圈断纱 $f$ /%
1	9.0	4.2
2	8.4	5.2
3	8.7	4.3
4	6.7	4.7
5	6.6	4.7
6	6.5	4.8
7	6.6	4.9
8	6.0	4.6
9	6.7	4.3
10	6.1	4.7

表 5 40S 细纱二值图像白色像素点比例  
Tab. 5 White pixel ratio of 40S yarn binary image

纱线编号	正常纺纱 $f$ /%	气圈断纱 $f$ /%
1	13.6	5.1
2	14.9	5.1
3	13.9	6.0
4	12.2	6.0
5	12.7	6.6
6	12.0	4.8
7	13.0	6.3
8	11.4	5.1
9	10.6	5.5
10	10.9	4.8

表 6 20S 细纱二值图像白色像素点比例  
Tab. 6 White pixel ratio of 20S yarn binary image

纱线编号	正常纺纱 $f$ /%	气圈断纱 $f$ /%
1	12.9	7.0
2	12.9	5.6
3	12.7	5.2
4	13.4	7.2
5	11.5	6.0
6	10.8	7.5
7	11.9	6.0
8	10.8	6.3
9	13.3	6.2
10	12.4	6.8

通过表 4、表 5 和表 6 的对比,可以发现随着纺纱时间的增加,细纱稳定性也不断提高。对于细纱二值图像来说,存在:

$$G = \begin{cases} \text{气圈段断纱 } 0 < f < \delta, \\ \text{未断纱 } f \geq \delta \end{cases} \quad (5)$$

式中:  $G$  为断纱检测结果,  $f$  为二值图像中像素值为 255 的点在整图中所占比例,  $\delta$  为设定的阈值。

通过表 3,设定的取值如下:

$$\delta = \begin{cases} 5.8S = 60 \\ 9.8S = 40 \\ 10.0S = 20 \end{cases} \quad (6)$$

#### 4.3 纺纱段断纱结果与分析

对于纺纱段发生的断纱,采集到的纺纱段图像中不存在细纱,二值图像中不存在像素值为 255 的点,由式(4)得:

$$S_1 = 0, f = 0$$

存在:

$$G = \begin{cases} \text{纺纱段断纱 } f = 0 \\ \text{气圈段断纱 } 0 < f < \delta \\ \text{未断纱 } f \geq \delta \end{cases}$$

## 5 结 论

通过移动设备上的相机,对细纱机纺纱段纱线进行图像采集,经过欧氏距离线性映射、阈值分割、最大连通域去噪和图像膨胀等预处理,得到清晰的细纱二值图像。对二值图像进行像素点统计,判断细纱的断纱情况:纺纱段断纱、气圈段断纱或正常纺纱。对于实际生产中气圈段断纱的情况能够准确判断。实验证明,本文提出的断纱检测方法是可行的,为将来实现断纱检测小车提供参考。实验中,相机只捕获了一根纱线纺纱时的图像,程序鲁棒性较小,之后可增大检测的纱线根数,完善断纱检测算法。

### 参考文献:

- [1]李强,杨艺,刘基宏等.赛络纺粗纱断纱在线检测[J].纺织学报,2016,37(10):120-124.  
LI Qiang, YANG Yi, LIU Jihong, et al. Online detection of roving strand broken in siro-spinning [J]. Journal of Textile Research 2016 37(10): 120-124.
- [2]杨艺,张铭龙,高畅等.细纱锭断纱管理系统的设计与实现[J].纺织学报,2016,37(1):137-141.  
YANG Yi, ZHANG Minglonghai, GAO Chang, et al. Design and realization of management system of definite spindle for yarn breakage in spinning frame [J]. Journal of Textile Research 2016 37(1): 137-141.
- [3]宋晓亮,刘建立,徐阳等.光电式环锭断纱在线检测系统[J].纺织学报,2014,35(8):98-103.  
SONG Xiaoliang, LIU Jianli, XU Yang, et al. On-line detecting system based on optoelectronic technology for ring spun-yarn breakage [J]. Journal of Textile Research, 2014, 35(8): 98-103.
- [4]龚羽,倪远.环锭细纱机纺纱断头监测技术现状与发展评析[J].纺织导报,2012(6):100-104.  
GONG Yu, NI Yuan. The latest development in broken-end detecting technology on ring-spinning machine [J]. China Textile Leader 2012(6): 100-104.
- [5]顾金华.一种电磁式细纱机纱线断头检测装置:CN203333896U [P]. 2013-12-11.  
GU Jinhua. Electron-type yarn breaking device for electromagnetic yarn spinning machine: CN203333896U [P]. 2013-12-11.
- [6]张亚秋,陈霞,江慧等.基于图像处理技术的弯钩纤维表征[J].纺织器材,2014,41(5):32-36.  
ZHANG Yaqiu, CHEN Xia, JIANG Hui, et al. The characterization of the hooked fiber based on image processing technology [J]. Textile Accessories 2014 41(5): 32-36.
- [7]吕汉明,吕鑫.基于声音检测与分析的环锭纺细纱断头检测[J].纺织学报,2015,36(7):142-146.  
LÜ Hanming, LÜ Xin. Detection of ring spun yarn breakage based on detecting and analyzing sound signal [J]. Journal of Textile Research 2015 36(7): 142-146.
- [8]李强,杨艺,刘基宏.实施细纱断纱检测技术的改造实践[J].棉纺织技术,2016,44(5):64-66.  
LI Qiang, YANG Yi, LIU Jihong. Reformation practice on implementation of spinning yarn breakage detection technology [J]. Cotton Textile Technology 2016 44(5): 64-66.
- [9]卢明,刘一萍.纱线毛羽图像的二值化处理及其 Matlab 实现[J].山东纺织科技,2009(2):37-39.  
LU Ming, LIU Yiping. Binarizational disposal of image of yarn hairiness and its Matlab realization [J]. Shandong Textile Science & Technology 2009(2): 37-39.
- [10]宁波韵升控股集团有限公司,宁波德昌精密纺织机械有限公司.纱线断头监测装置:CN201410041523.0 [P]. 2014-7-9.  
Ningbo Yunsheng Holding Group Co Ltd, Ningbo Dechang Precision Textile Machinery Co Ltd. Yarn breakage monitoring device: CN201410041523.0 [P]. 2014-7-9.
- [11]孙银银,潘如如,高卫东.基于数字图像处理的纱线毛羽检测[J].纺织学报,2013,34(6):102-106.  
SUN Yinyin, PAN Ruru, GAO Weidong. Detection of yarn hairiness based on digital image processing [J]. Journal of Textile Research 2013 34(6): 102-106.
- [12]张闯,王婷婷,孙冬娇等.基于欧氏距离图的图像边缘检测[J].中国图象图形学报,2013,18(2):176-183.  
ZHANG Chuang, WANG Tingting, SUN Dongjiao, et al. Image edge detection based on the Euclidean distance graph [J]. Journal of Image and Graphics, 2013, 18(2): 176-183.
- [13]陈惠明.图像欧氏距离在人脸识别中的应用研究[J].计算机工程与设计,2008,29(14):3735-3737.  
CHEN Huiming. Application study of image Euclidean distance in face recognition [J]. Computer Engineering and Design 2008 29(14): 3735-3737.
- [14]黄东芳,胡桂明,周杨.基于一种改进的 Hough 变换的输电线提取与识别[J].计算技术与自动化,2016,35(3):50-53.  
HUANG Dongfang, HU Guiming, ZHOU Yang. Extraction and recognition of transmission line based on an improved hough transform [J]. Computing Technology and Automation 2016 35(3): 50-53.