

# 麻灰纱图像纤维测算

石丽莉<sup>1</sup>, 秦春艳<sup>2</sup>, 刘光彬<sup>1</sup>, 罗建红<sup>1</sup>

(1. 成都纺织高等专科学校, 四川 成都 611731;

2. 西南财经大学天府学院, 四川 绵阳 621000)

**摘要:**针对麻灰纱混纺质量的评价问题提出纱线横切面均匀度检测法。利用MATLAB进行分布定位网格法计算,将图像转换为能真实反映纤维分布及数量的网格矩阵。结果表明,分布定位网格法能够快速获取黑纤维分布网格图,科学还原麻灰纱混纺纤维图像的基本特征;有效地完成了对麻灰纱切片图的黑纤维数量测算,其计算的相对偏差值在2.86%~16.67%之间。

**关键词:**麻灰纱;均匀度;网格化;纤维分布;纤维数量;相对偏差

中图分类号:TS 101.1

文献标志码:A

文章编号:1000-4033(2017)08-0069-04

## Image-based Fiber Measurement of Low Content Dye Fiber Yarn

Shi Lili<sup>1</sup>, Qin Chunyan<sup>2</sup>, Liu Guangbin<sup>1</sup>, Luo Jianhong<sup>1</sup>

(1.Chengdu Textile College, Chengdu, Sichuan 611731, China;

2.Tianfu College of SWUFE, Mianyang, Sichuan 621000, China)

**Abstract:**In order to evaluate the quality of low content dye fiber yarn,a detection method to measure the evenness of cross-section of blended yarn was proposed. By using the MATLAB software the distributed positioning grid method can transform the image into a grid matrix which can reflect the distribution and quantity of fibers. The results show that the method can rapidly obtain the black fiber distribution mesh, and restore scientifically the basic features of the image. The calculation of the number of black fibers in the slices of low content dye fiber yarn is completed effectively, the relative deviation of the calculation is between 2.86% and 16.67%.

**Key words:**Ramie Grey Yarn; Evenness; Distributed Positioning Grid; Distribution of fibers; Quantity of fibers; Relative Deviation

麻灰纱是由一定比例的本色纤维与一定比例的有色纤维混纺而成具有独特混色效果的纱线。由于麻灰纱本色纤维部分不需染色,而染色纤维只占少部分(根据品种而定,一般只占总量的5%~40%),具有优越的环保性能,减少了对环境和人体的危害,越来越受到消费者欢迎。

麻灰纱的生产与传统纺纱有很大不同,生产过程中,当配比不

同、所用设备不同、混棉方法不同时,其成纱的质量也不同。麻灰纱的本色纤维和有色纤维混合分布的均匀程度,是评价同一批次麻灰纱产品质量优劣的重要指标<sup>[1]</sup>。

陆佳英、高金红<sup>[2-3]</sup>等在混纺纤维成分不同时采取了化学溶解法进行定量分析,但该方法不适用于成分相同颜色不同的混纺纤维。邵文峰<sup>[4]</sup>利用图像测试技术测试混纺纱线纤维分布,但其处理图像中的

粘连纤维采用的是画笔人工分割法,会造成测评偏差。因此,研究利用图像数字分析方法,建立科学统一的麻灰纱混合均匀程度判断方法和标准,避免人工测评的偏差,具有较大的研究与实践意义。本文就本色纤维和黑色纤维混纺而成的麻灰纱为例,探讨如何利用计算机进行数字图像分析,判断麻灰纱混纺纤维图像纤维计数及定位方法。

**基金项目:**四川省科技计划项目(2011JY0099)。

**作者简介:**石丽莉(1980—),女,讲师,硕士。主要从事应用数学研究工作。

## 1 麻灰纱定量检测方法

### 1.1 纱线横切面均匀度检测法

针对麻灰纱混纺特性,提出麻灰纱定量检测方法,即纱线横切面均匀度检测法:使用纤维纱切片机对某批次的纱线抽样(一般随机抽取若干样本)进行横向切片,将切出的纱线横断面放置于高倍电子显微镜下,拍摄出清晰的横断面图像。通过对横断面图像的分析,研究其混纺效果。

如图 1 所示样本,为 1 000 倍电子显微镜下黑白两色混纺纱线的切片图(白色点为本色纤维,黑色点为黑色纤维)。

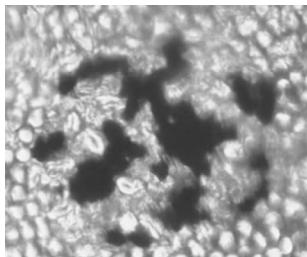


图 1 样本

### 1.2 麻灰纱图像分割

使用灰度阈值分割方法,首先通过高斯核和滤波对图像进行平滑和降噪处理,计算其灰度直方图上边缘的近似线曲线<sup>[5]</sup>,以曲线的波谷(极小值点)对应的灰度值设定为分割阈值。极小值点同时满足两个条件如式(1)。

$$\begin{cases} \frac{\partial H(t)}{\partial t} = 0 \\ \frac{\partial H^2(t)}{\partial t^2} > 0 \end{cases} \quad (1)$$

通过计算获得样本图像的分割阈值。根据阈值  $T=95$  利用式(2)进行图像分割并转化为二值图,结果如图 2。

$$g(x,y) = \begin{cases} 1, f(x,y) > T; \\ 0, f(x,y) \leq T \end{cases} \quad (2)$$

式中: $f(x,y)$ 为图像数值矩阵中的元素对应的灰度值。

经计算,样本图 1 中本色纤维



图 2 二值图像

与黑纤维的面积比 (Area Ratio)  $AR \approx 4.5:1.0$ 。

### 1.3 黑纤维直径的求解

纤维聚集是进行黑纤维数量计算的主要难点,可以通过纤维占体积计算聚集区域所包含的纤维数量。

#### 1.3.1 连通区域标记

由图 2 知,黑纤维构成了若干连通区域,对二值图进行以 4 连通(指从区域上一点出发,可通过上、下、左、右 4 个方向的移动,在不越出区域的前提下,到达区域内的任意像素)为基准的区域标记。通过程序标记,标号对应的连通区域在二值图中依次如图 3 所示。



图 3 各连通区域标号

经程序计算,图 2 共包含 10 个连通区域,统计出每个连通区域所包含的像素点数量,即连通区域面积  $S^{(i)}$ , ( $i=1, \dots, 10$ ), 计算结果如表 1 所示。

#### 1.3.2 单个黑纤维直径 $d$ 的计算

从图像中选取纤维数量明确的区域,由区域面积和纤维数量计算单个黑纤维直径如式(3)。

$$d^{(i)} = \frac{2}{k} \cdot \sqrt{\frac{S^{(i)}}{\pi}} \quad (3)$$

式中: $S^{(i)}$ 为图像中对应单纤维连通

表 1 各连通区域面积

| 连通区域 | $S^{(i)}$ /像素 |
|------|---------------|
| 1    | 4 710         |
| 2    | 3 187         |
| 3    | 42 005        |
| 4    | 49            |
| 5    | 14 885        |
| 6    | 2 590         |
| 7    | 1 063         |
| 8    | 29            |
| 9    | 7 406         |
| 10   | 4 141         |

区域的面积,像素; $i$ 为连通区域标号; $d^{(i)}$ 为单个黑纤维直径,像素宽。

利用图 3 的区域 7,获得单纤维直径  $d^{(7)} \approx 37$ ,利用区域 2,求得  $d^{(2)} \approx 45$ ,利用区域 6,求得  $d^{(6)} \approx 41$ 。显然,选择不同的连通区域进行黑纤维直径计算会得到不同的直径值,这将影响后续对纤维分布的计算。因此,还需要从中寻找和确定最优直径值。

### 1.4 黑纤维分布网格定位法

设定单元网格面积  $F=d \times d$ ,将图像分割成  $F$  大小的正方形均匀网格,根据每个网格中黑纤维区域占比参数  $\delta$ ,确定该网格是否为一个黑纤维。大量实验表明,算法中参数  $\delta$  取 0.50~0.52 之间效果最好。

由于不同的连通区域在同一个单元网格内对构造黑纤维的贡献是不同的。所以,要对各个连通区域的元素在网格内占比进行分别计算。假设一个  $d \times d$  大小的单元网格数值矩阵内,每个元素表示为  $c(m,n)$ 。若标号为  $i$  的连通区域中的元素表示为: $a^{(i)}$ ,显然  $a^{(i)}=i$ 。因此,各连通区域的元素表示如式(4)。

$$c^{(i)}(m,n) = \begin{cases} i, & c(m,n) = a^{(i)}; \\ 0, & c(m,n) \neq a^{(i)} \end{cases} \quad (4)$$

则单元网格  $d \times d$  内包含连通区域  $i$  的元素的个数如式(5):

$$C = \sum_{m=1}^d \sum_{n=1}^d \frac{c^{(i)}(m,n)}{i} \quad (5)$$

式中: $C$ 为包含连通区域 $i$ 的元素个数,像素; $d$ 为单个黑纤维直径,像素宽。

网格定位算法如式(6)。

$$W(p,q) = \begin{cases} i, & \frac{\sum_{m=1}^d \sum_{n=1}^d \frac{c^{(i)}(m,n)}{i}}{d^2} \geq \partial; \\ 0, & \frac{\sum_{m=1}^d \sum_{n=1}^d \frac{c^{(i)}(m,n)}{i}}{d^2} < \partial \end{cases} \quad (6)$$

式中, $W(p,q)$ 为新生成的网格化后的数值矩阵; $p,q$ 值由网格宽度对图像的切割份数确定,取 $\partial=0.5$ 。

通过带入不同的分割直径值 $d$ ,计算得到黑纤维个数 $n$ 及其分布情况,如图4。

### 1.5 最优黑纤维分布网格图确定

#### 1.5.1 黑纤维数量

不同的网格 $d$ 值,会产生不同的黑纤维分布网格图,其中最能真实体现样本原图黑纤维位置和数量的 $d$ 值称为最优黑纤维 $d$ 值,其形成的黑纤维分布网格图,也就是最优黑纤维分布网格图。通过样本计算出多个黑纤维的直径 $d$ ,设定最优黑纤维存在的取值区间。由 $d^{(2)} \approx 45$ 、 $d^{(6)} \approx 41$ 、 $d^{(7)} \approx 37$ 设定黑纤维的可能取值区间为36~46。根据取值区间计算出不同 $d$ 取值时各个连通区域内包含的黑纤维根数,如表2所示。

#### 1.5.2 最优 $d$ 值的确定

##### a. 方法1

对给定的图像,观察各连通区域的黑纤维数量发现,随着直径 $d$ 的变化,总有一些黑纤维数量值表现相对稳定,这种稳定性体现了真实黑纤维数量。采集表2中各连通区域内除了全为0的区域外出现频次最高的非零数字,即是黑纤维

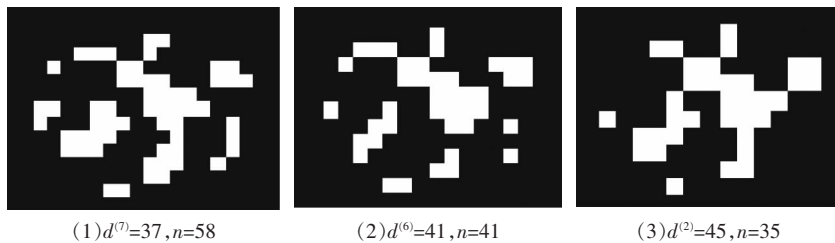


图4 黑纤维定位分布比较

表2 各连通区域的黑纤维数量列表

| 连通区<br>域 | d 值/像素宽 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|          | 36      | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 |
| 1        | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 2        | 3       | 3  | 3  | 1  | 2  | 1  | 2  | 2  | 1  | 1  | 2  |
| 3        | 34      | 32 | 29 | 28 | 25 | 25 | 25 | 23 | 23 | 21 | 18 |
| 4        | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 5        | 11      | 12 | 8  | 8  | 10 | 6  | 9  | 7  | 7  | 8  | 7  |
| 6        | 2       | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 0  | 2  | 1  | 1  |
| 7        | 0       | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 8        | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 9        | 5       | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 2  | 3  | 3  | 4  | 4  |
| 10       | 3       | 4  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 总数/根     | 58      | 58 | 50 | 47 | 46 | 41 | 40 | 35 | 36 | 35 | 32 |

相对准确的数量,如表3所示。

表3 各连通区域内高频次黑纤维统计

| 连通区域 | 黑纤维数量/根 | 出现频次 |
|------|---------|------|
| 2    | 1或2     | 4    |
| 3    | 25      | 3    |
| 5    | 7或8     | 3    |
| 6    | 2       | 7    |
| 7    | 0       | 9    |
| 9    | 5       | 6    |
| 10   | 2       | 4    |

通过计算得知,当取 $d \approx 39$ 时,能够兼顾最多的高频次黑纤维数量值,即最优网格分割直径 $d$ 为39。

##### b. 方法2

$AR(d)$ 指取直径为 $d$ 时本色纤维与黑色纤维的数量比值,计算公式如式(7)。

$$AR(d) = \frac{H-n}{n} \quad (7)$$

式中: $H$ 为网格总数(由网格行数乘以列数得到),格; $n$ 为网格化后计算出的黑纤维数量,根。

根据样本本色区域与黑色区域的面积比值为 $AR \approx 4.5:1.0$ 。计算不同 $d$ 值时本色纤维与黑色纤维的数量比值,如表4所示。

表4 不同 $d$ 值的本色纤维与黑纤维比值

| d/像素宽 | H/格   | n/根 | AR(d) |
|-------|-------|-----|-------|
| 36    | 16×21 | 58  | 4.79  |
| 37    | 15×20 | 58  | 4.17  |
| 38    | 15×20 | 50  | 5.00  |
| 39    | 14×19 | 47  | 4.66  |
| 40    | 14×19 | 46  | 4.78  |
| 41    | 14×18 | 41  | 5.15  |
| 42    | 13×18 | 40  | 4.85  |
| 43    | 13×17 | 35  | 5.31  |
| 44    | 13×17 | 36  | 5.14  |
| 45    | 12×17 | 35  | 4.83  |
| 46    | 12×16 | 32  | 5.00  |

由表4知,当取 $d \approx 39$ 时,本色纤维和黑纤维比值最接近 $AR$ 值,得到最优网格分割直径 $d$ 为39。

因此,a、b两种方法均可确定

最优网格分割直径  $d$ , 同时可以相互比较验证。

### 1.5.3 最优黑纤维分布网格图

当取  $d=39$  时, 将图像转换为网格图, 见图 5。



图 5  $d=39$  网格图像

通过生成的网格图像(图 5)与样本原图对比, 当取  $d=39$  时, 黑纤维分布的结构与原始图像更为接近, 能较真实地还原纤维分布状态。

经过大量的实验测试表明, 由于棉纤维为天然纤维, 在放大倍率相同的样本图片中, 其最优纤维直径结果稳定。因此, 对同样倍率的样本图片可以将纤维直径视为固定参数参与计算。

## 2 实践应用

### 2.1 黑纤维分布网格图

选取不同的批次、不同混纺工艺、不同放大倍率的麻灰纱切片图, 对比原图和生成网格图, 如图 6 所示。

由图 6 可知, 黑纤维分布网格图能较好地还原原图中黑纤维的分布特征, 取得了预期的实验效果。

### 2.2 网格测算方法与人工计数法对比

选取 2.1 中的麻灰纱切片图, 使用纤维分布定位网格测算方法进行测算, 并将计算结果与人工计数结果进行对比, 如表 5 所示。

由表 5 可知, 纤维分布定位网格测算方法有效地完成了对麻灰纱切片图的黑纤维数量测算, 其计算的相对偏差值在 2.86%~16.67% 之间。在图像越清晰、图片放大比率越大的情况下, 得到的结果更精确。

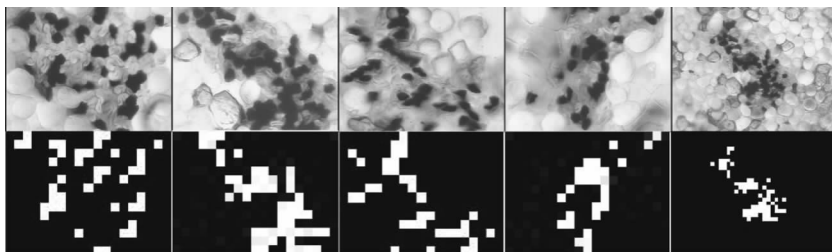


图 6 原图和生成网格图对比

表 5 网格测算方法与人工计数对比

| 切片图 | 放大倍率  | 最优直径 $d$ /像素宽 | 网格法计数/根 | 人工计数/根 | 相对偏差/% |
|-----|-------|---------------|---------|--------|--------|
| 1   | 1 000 | 40            | 42      | 38~40  | 7.69   |
| 2   | 1 000 | 40            | 54      | 49~53  | 5.88   |
| 3   | 1 000 | 39            | 36      | 34~36  | 2.86   |
| 4   | 1 000 | 40            | 28      | 23~25  | 16.67  |
| 5   | 500   | 18            | 69      | 57~63  | 15.00  |

注: 相对偏差指计算值相对人工计数的平均值的偏差百分比。

## 3 结论

研究针对麻灰纱切片图提出的纤维分布定位网格法, 应用 MATLAB 完成所有算法, 该算法能够快速获取黑纤维分布网格图, 科学还原麻灰纱混纺纤维图像的基本特征, 有效地完成了对麻灰纱切片图的黑纤维数量测算, 其计算的相对偏差值在 2.86%~16.67% 之间。纤维分布定位网格法有利于进一步建立麻灰纱均匀性分析的统一评价标准, 有利于进一步实现建立麻灰纱的定量检测标准。

### 参考文献

[1] 罗建红, 刘光彬, 刘晓东. 不同混和

方式对色纺纱混和均匀性的影响分析[J]. 棉纺织技术, 2015, 43(9): 42-45.

[2] 陆佳英, 郭荣幸. 棉、黏纤混纺产品用根数法定量分析的探讨[J]. 针织工业, 2015, 43(12): 77-79.

[3] 高金红, 石刚, 孙世元, 等. 锦纶、棉、涤纶混纺产品快速定量方法研究[J]. 针织工业, 2016, 44(1): 78-80.

[4] 邵文峰, 徐鑫华, 宫茵茵. 混纺纱线的纤维分布测试研究[J]. 针织工业, 2010, 38(1): 64-66.

[5] 高春鸣, 兰秋军. 基于自动分析直方图灰度分布的数字图像阈值化算法[J]. 计算机科学, 2001, 28(4): 58-60.

收稿日期 2017 年 2 月 24 日

## 公益广告

整合资源, 创造机会,  
开拓市场, 实现共赢,  
立足当下, 展望未来。