

化纤异形度的计算机数字图象处理

于伟东 谭冬梅

(中国纺织大学)

【摘要】 本文用计算机数字图象处理技术检测纤维异形度,并用线性回归方法建立了哑铃形中心线和V字形夹角线方程,从而解决了这类异形纤维特征异形度的计算。实验结果表明,该方法测试精度高、快速、准确,且计算机软件具有实用性。

异形纤维的生产和实用在国内发展很快,相应的评定标准亦已发布和实施^[1]。由于标准主要用手工目测方法,因此在截面形心或特定中心的确定,内、外接圆半径测量中人为影响较大;在检测速度和精度上也存在一定问题。计算机数字图象处理在此方面具有可行和实用性^[2,3]。通过编定一定的软件程序,不仅可以快速地检测纤维截面形态参数,而且可以灵活准确地评价纤维各异形度值。这对排除人为干扰、提高检测精度和速度极为有利。本文开发了一些软件来解决异形度的实际检测。

一、实验方法

1. 试样:三叶形涤纶长丝,哑铃形涤纶短纤和V字形涤纶长丝。

2. 方法:参照标准^[1,4],用穿孔切片法制得纤维切片,进行显微摄影(≥ 500 倍),获得较为清晰的纤维截面像。此像输入数字图象处理系统,经转化器转化成计算机可处理的数字图象。再用所设计的软件程序对数字图象进行检测处理,计算后,得出各异形度指标。由于对实际图象转换得到的数字图象进行检测处理,如实物照片上存在噪声(如刀痕、污物等)就会成为转化后数字图象的噪声而影响分析结果,故图象需经预处理^[5]。图象预处理包括:图象平滑化,以去除噪声(用中值滤波法);边缘锐化,以增强图象边缘;直方图均衡化,以提高图象细节,改变并合理明暗比例和分布。此处主要是二值化,即纤维截面为“1”,背景

为“0”。由于本文主要解决三种纤维截面形态的数字图象处理,故采用已处理后的二值图象(见图1)。

三种纤维的整个处理过程见图2。先将整幅图象边界上不完整纤维截面清除(用轮廓抽取清除法),再逐根处理,按标准计算各异形度指标,最后取平均值输出。各根纤维处理的关键是边缘检测,其方法较多,以轮廓跟踪法较为准确、直观。整个过程是沿纤维截面边缘进行抽取^[6]。每个轮廓点搜寻确定后即标为“2”,这时图象转换为三值象,背景为“0”,纤维截面内点为“1”,截面边缘为“2”。

二、结果讨论

1. 三叶形纤维异形度检测

(1) 形心点 $O(x, y)$ 确定, 因图象为均匀密度二维象, 故只需取轮廓点, 求 O 点座标:

$$x = \sum_{i=1}^n x_i/n; \quad y = \sum_{i=1}^n y_i/n$$

式中: x_i 和 y_i 为各轮廓点座标, n 为轮廓点总数。

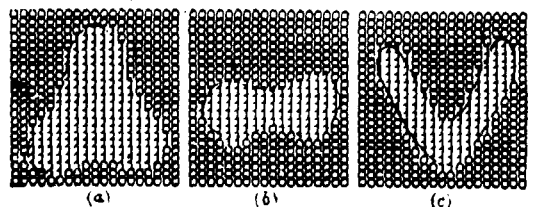


图1 异形纤维二值图象

(a)-三叶形; (b)-哑铃形; (c)-V字形。

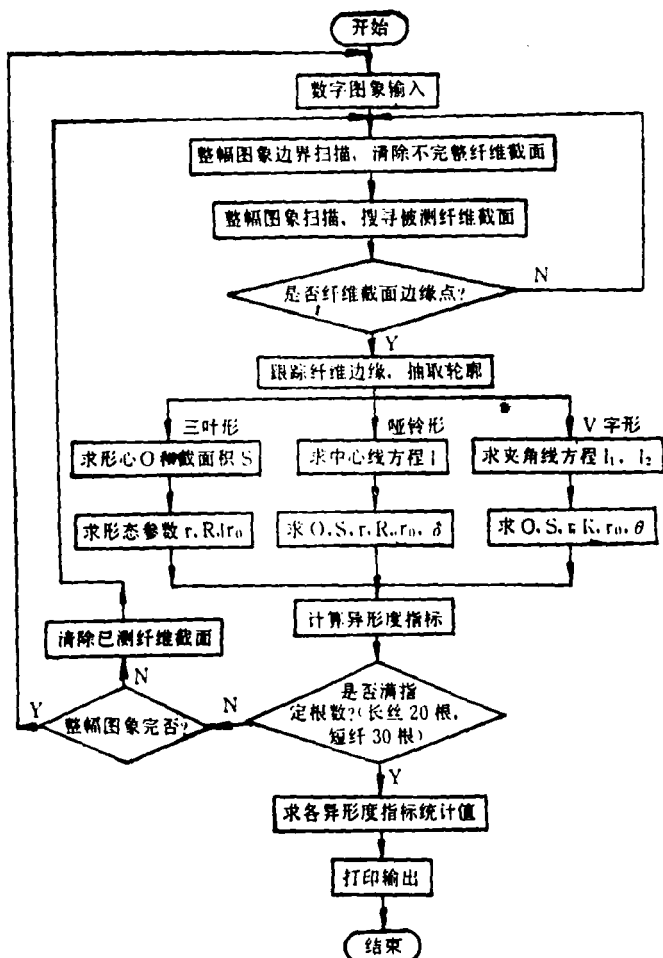


图2 数字图象处理框图

(2) 纤维截面积 S 可根据每个象素点为一个单位面积, 则 $S = N + n$ (N 为纤维截面内点的总数)。

(3) 纤维截面的内、外接圆半径 r, R 可在确定形心至轮廓最大距离点后, 每隔 $60^\circ \pm (5 \sim 10^\circ)$ 范围内搜寻最大或最小半径值(见图

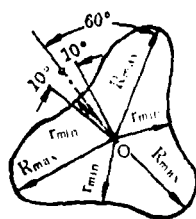


图3 三叶形纤维

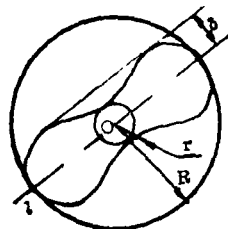


图4 哑铃形纤维

3), 共得三个 R_{max} 和三个 r_{min} ; 则 $R = \epsilon R_{max}/3, r = \epsilon r_{min}/3$ 。

(4) 理论半径 r_0 , 可根据定义[1, 4]得 $r_0 = \sqrt{S/\pi}$, 已知 r, R, r_0 可以很方便地求得径向 (D_R, D_M, D_r), 截面 (S_R, S_M, S_r) 异形度各指标[1,4], 见表1。

2. 哑铃形纤维异形度检测

哑铃形纤维截面的形态参数 $O(x, y), S, r, R, r_0$ 的求法与三叶形纤维一样, 结果见表1。只是短纤维需求30根的平均[1,4]。但其特征异形度 C_δ 中, 厚度参数 δ 的检测必须先求得中心线(长轴) l 的方程(见图4)。由于实际上 l 并不一定是最大两半径轮廓点的连线, 所以准确的方法是对哑铃截面象素点的趋势作线性回归。这里用最小二乘法可很方便地求得 l 方程。然后以一定步长从形心向外作 l 的垂直线交哑铃形轮廓, 得一组厚度参数。显然二侧的最大厚度值的平均值即为 2δ 。则特征异形度(哑铃度) $C_\delta = (\delta - r)/\delta$ 。

3. V字形纤维异形度检测

表1 三种纤维异形度指标计算和实测结果

指标		D_R	D_M	D_r	S_R	S_M	S_r	C_δ	θ
图象处理	三叶形	43.85	60.64	64.67	70.48	47.27	57.81	-	-
	哑铃形	70.03	102.54	59.68	91.24	69.43	63.98	49.42	-
	V字形	72.34	99.80	146.37	94.71	60.45	64.26	-	91.30
人工实测	三叶形	43.62	59.93	62.71	68.13	46.07	55.12	-	-
	哑铃形	70.11	103.60	59.93	90.78	71.05	65.16	49.03	-
	V字形	72.04	98.42	143.74	92.24	58.33	63.17	-	92.50

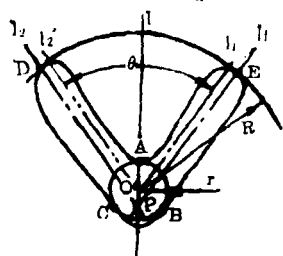


图5 V字形纤维

形心在截面外(见图5),如何由数字图象求得该特定中心和V字夹角 θ 是关键。实测中V字二叉的趋势是确定 θ 角的依据,而特定中心应在V字夹角的平分线上。该趋势仍可用最小二乘法求得。二叉的趋势线分别为 l_1 、 l_2 ,其必须平行于 l'_1 、 l'_2 。所以 θ 角可由 l_1 、 l_2 的斜率求得。如令 l 为 θ 角的平分线,并沿 l 从交点 P 开始向上搜索,得某点使其到轮廓三点的距离近似相等($OC \approx OB \approx OA$),则该点就是特定中心 O ,而此距离则为内切圆半径 r 。再寻找 O 点到V字二叉端点的最远距离,此可在 l_1 和 l_2 与轮廓的交点(D 和 E)附近5~10轮廓点内搜寻到,则外接圆半径为 $R = (R_{0max} + R_{Emax})/2r_0$ 和 S 的求法同前,这样V字形纤维的各异形度参数也可求得(参见表1)。

这里需指出,V字形与哑铃形的线性回归对象不同,后者根据整体像素点的分布回归,因为这决定了哑铃形的卡轴趋势,而前者V字形由于单叉头端圆形较多,结合端又不易合理分割,且即使分割开,两端的形态影响亦会导致 l_1 和 l_2 的歪斜(见图6),使 θ 值不准。故我们采取轮廓线直线段线性回归。其步骤是首

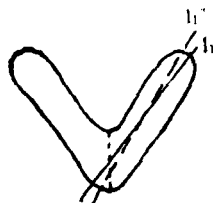


图6 整体像素回归偏移

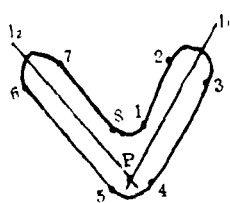


图7 直线段搜寻

先利用计算机搜寻轮廓线上斜率变化 $\geq \epsilon$ 或 $\leq -\epsilon$ 点,即 $k_i - k_{i-1} \geq |\epsilon|$, k 为斜率, ϵ 为设定变化阈值,可得8点,四段直线,见图7。然后将12、84回归成 l_1 ,56、78回归成 l_2 ,这样就巧妙地回避了前述问题。

三、结 论

综上所述,计算机图象处理结果与按标准方法人工实测结果对比,相当吻合。尤其是特征异形度指标 C_0 和 θ 相当一致,说明图象处理方法较好地模拟了人工判定 δ 和 θ 的过程。主要异形度指标 D_R 的最大误差 ≤ 0.3 ; S_r 看来图像处理结果更为准确。因为其直接求得各真实截面积,而人工方法只能用长丝线密度来换算一个截面积平均值,因之可得出以下结论:

1. 用数字图象处理技术可准确快速测得各根纤维截面的 S 和 r_0 ,并使测量精度大大提高。
2. 用最小二乘法线性回归,使哑铃形厚度和V字形夹角的计算机图象处理测量能准确快速地进行。
3. 根据这三种异形纤维所编制成的异形度检测和处理软件,在纤维异形度实测中具有实用价值和经济效益。

参 考 资 料

[1] 《纺织标准》, FJ/T 5200-02-91。
 [2] Errod J. W. and Robert M. H, T. R. J. 1989, 1,1。
 [3] Robson D. Weedall P. J and Haywood R. J., T. R. J, 1989, 12, 713。
 [4] 《纤维标准与检验》, 1992, 4, p. 12。
 [5] R.C. 冈薄雷斯, P. 温茨著, 《数字图象处理》, 科学出版社, 1982。
 [6] 《中国纺织大学学报》, 1992, 1, p. 12。