

# MATLAB 在原棉短纤维含量测试中的应用

陆永良 张瑞云 李汝勤

(东华大学,上海,200051)

**摘要:**通过运用小夹子取样的新方法,对取样所得的纤维进行一系列处理,然后运用 MATLAB 作出棉纤维的照影仪曲线,并由它与纤维长度根数累积频率分布曲线、纤维长度根数频率分布曲线的关系,通过程序得到纤维长度根数频率分布曲线,进而求得原棉短纤维含量百分数。

**关键词:**棉纤维 短纤维含量 MATLAB 照影仪曲线 纤维长度根数 频率分布曲线 测试

**中图分类号:**TS 103.61

随着经济的发展及消费水平的不断提高,人们对棉纺产品的质量要求也越来越高。这就使棉花质量在棉花加工、贸易及使用中越来越受到关注。棉纤维的长度是确定棉花质量的重要依据,其中短纤维含量一直为商贸生产所关心的问题。尤其是目前人民生活水平不断提高,细特精梳纱越来越多的用于制织衬衫、针织内衣,使得生产厂家越来越注重短纤维含量。但是目前对短纤维含量还不能快速测定,这与棉花贸易及现代化生产需求不相适应。因此,研究出能快速准确方便测试原棉短纤维含量的方法及仪器就显得日益重要。

## 1 小夹子取样方法及照影仪曲线

原棉短纤维含量是指原棉中短纤维根数占原棉总根数的百分数。所谓短纤维是指长度小于一定值的棉纤维,不同国家有不同的规定,例如,中国:对于 30 毫米以下长度的棉纤维,16 毫米以下的为短纤维,对于 30 毫米以上长度的棉纤维,20 毫米以下的为短纤维;英国、瑞士等国:平均长度以下的纤维称为短纤维;美国:0.5 英寸以下的称为短纤维。本文采用国际上较为通用的标准,把长度小于 12.7 毫米的棉纤维称为短纤维。

棉纤维长度指标求取的方法是随着测试方法的发展而发展,最初用梳片式长度分析仪在黑板用排图法分析,画出拜氏图,因此就很自然的以作图法决定长度,后来发展到分组称重法,长度指标可以更精确的计算,以后产生了光电测量随机排列的纤维照影仪,但是采用梳样法测试的照影仪曲线是已经走样的二次累积频率曲线,因此要从理论上通过一次微分,二次微分求得短绒率是不可取的。本文采用的小夹子从原棉中直接取样的新方法,该方法能满足以下条件:(1)能从成团成团的棉样中随机抓取纤维;(2)在抓取纤维后不能有任何转移脱离现象;(3)被抓取纤维的长度分布与原分布有固定的函数关

系。

此方法能较好的符合随机取样的客观规律,有利于分析仪器的光电扫描得到的伸出长度分布曲线的讯号,得出纤维长度的各项指标。

夹子取样的伸出长度的理论方程式为:

$$R(g_0) = 1/\bar{g}(g - g_0) * P(g)dg \quad (1)$$

式中: $g_0$  为纤维伸出夹持点长度; $w$ :伸出夹持点的最长纤维; $g$  为纤维的长度; $\bar{g}$  为纤维的平均长度; $P(g)$  为原棉的长度频率分布。

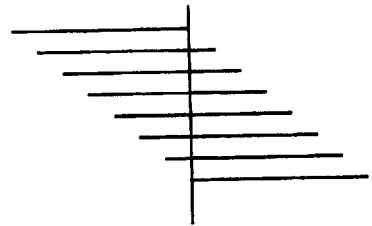


图 1 等长纤维随机夹持伸出长度分布

试验中用小夹子夹取棉样,并梳去游离纤维,接着将取样梳夹上的纤维按一定组距分成若干个长度组,每组内的纤维视为等长。设梳夹上的纤维在沿其长度上任一点都具同样被握持的机率,则等长纤维随机夹持后伸出夹持线的纤维长度分布为直角三角形,其底边等于该纤维的长度,如图 1 所示。

梳夹上各长度组纤维随机夹持后产生底边长度各不相同的直角三角形,如图 2 所示。用作图法将各直角三角形叠加,就可以得到照影仪曲线。

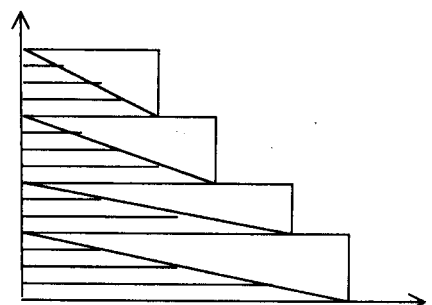


图 2 梳夹上各等长纤维组伸出长度分布

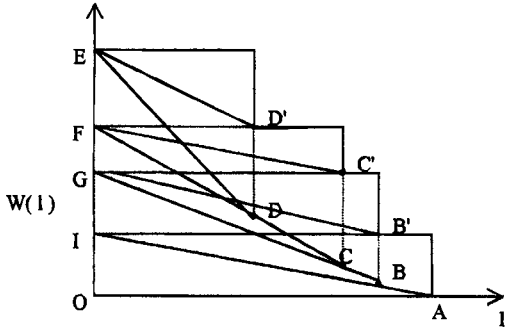


图3 照影仪曲线

随机夹持试样时,任一纤维被抓取得的几率,与纤维的长度成正比。也就是说,梳夹上的纤维是长度偏倚试样。图解法求得的照影仪曲线如图3所示。

图3中横坐标  $L$  代表纤维长度,纵坐标为梳夹上各长度组根数累积分布,相当于棉样中各长度组重量累积分布,用  $W(L)$  表示。为简化起见,图中纤维不同长度只画了四组。首先从下面第二个三角形顶点  $B'$  作垂线,与第一个三角形的斜边  $IA$  相交于  $B$  点,将图中  $G$  点与  $B$  点用直线相连,多角形  $OGBA$  即为三角形  $OIA$  与三角形  $IGB'$  的叠加。以下依次类推,过  $C'$  点作垂线与直线  $GB$  相关于  $C$  点,将  $F$  点与  $C$  点用直线相连。再过  $D'$  点作垂线与直线  $FC$  相交于  $D$  点,将  $E$  点与  $D$  点相连。曲线  $EDCBA$  即为各三角形叠加结果,为梳夹纤维伸出长度分布,或称照影仪曲线。

### 2 运用 MATLAB 作图法求取棉短绒率

本文运用 MATLAB 求出经过离散点  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  的拟合曲线,即实际照影仪曲线,并由照影仪曲线与纤维长度根数累积频率分布曲线、纤维长度根数频率分布曲线的关系,通过程序得到纤维长度根数频率分布曲线,进而求得原棉短纤维含量百分数。

在函数插值方法中,当插值点增多时,得到的高次插值曲线,在端点附近波动大,逼近差,效果不好。而分段插值曲线虽然降低了插值曲线的次数,但在连接处不能保证曲线光滑,而实际照影仪曲线要求处处光滑。三次样条插值实际上是分段多项式的光滑连接。它既保留了分段多项式低次插值多项式在运算上的简便性和良好的收敛性,又提高了插值函数的光滑度。本文就用三次样条插值来拟合曲线,如图4所示。

原始数据为  $A(33,0)$ ,  $B(25,0.15)$ ,  $C(16,$

$0.34)$ ,  $D(5,0.76)$ ,  $E(0,1)$ 。

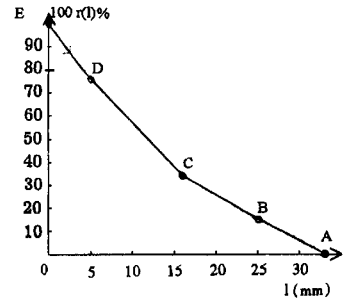


图4 照影仪曲线

照影仪曲线与纤维长度根数累积频率分布曲线,纤维长度根数频率分布曲线的关系如下:

$$r(L) = \int_1^w q(L)d(L) = \int_1^w \int_1^w p(L)d(L)$$

其中  $r(L)$  为纤维长度根数累积分布曲线  $q(L)$  的一次积分,为纤维长度根数分布曲线  $p(L)$  的二次积分,曲线的斜率存在如下关系:

$$dr(L)/dL = -q(L); dq(L)/dL = -p(L)。$$

三次样条插值函数  $S(x)$  是通过点  $(x_i, x_{i+1})$ , ( $i=0,1,\dots,n$ ), 且具有连续的一阶,二阶导数的分段函数。即为:

$$S(x) = S_j(x) = a_j + b_jx + c_jx^2 + d_jx^3$$

$$x \in [x_j, x_{j+1}], (j = 0, 1, \dots, n - 1)$$

由  $dr(L)/dL = -q(L)$  可知,纤维长度根数累积分布曲线的函数  $q(x)$  应为:

$$q(x) = q_j(x) = -b_j - 2c_jx - 3d_jx^2$$

$$x \in [x_j, x_{j+1}], (j = 0, 1, \dots, n - 1)$$

由式(2)可得到纤维长度根数累积分布曲线上的五点,再根据这五点运用三次样条插值方法作出纤维长度根数累积分布曲线,即得到图5;同理,在纤维长度根数累积分布曲线基础上,可得到纤维长度根数频率分布曲线,即图6。由图6按照原棉短绒率的定义,可求得:

$$\text{原棉短绒率} = \int_0^{12.7} p(L)d(L) / \int_{12.7}^{30} p(L)d(L)$$

由图6可得,原棉短绒率 = 20.17%

### 3 结 论

通过本文中 MATLAB 的演示,可以看出 MATLAB 的强大功能所在,用三次样条插值的方法进行曲线拟合,实现在照影仪曲线上用作图法求各项指标更是有意义。这对于改变原来照影仪曲线的不足,更精确求取各项长度指标,如棉短绒率,提供了一个可行的方法,希望本文能起到抛砖引玉的作用。

(上接第 26 页)

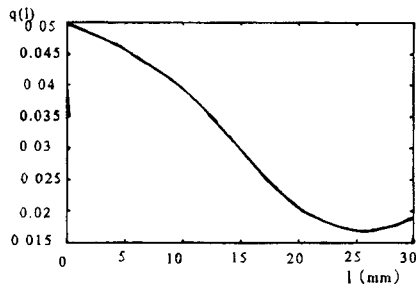


图 5 纤维长度根数累积分布曲线

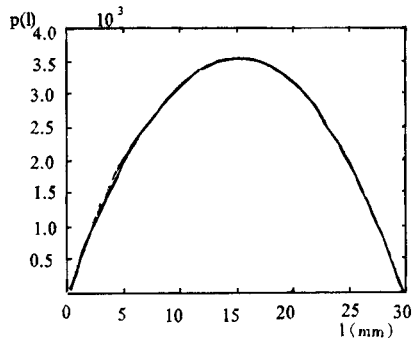


图 6 纤维长度根数频率分布

致谢:在本文撰写过程中得到刘若华博士、庄鄂和韩露同志提供帮助,在此表示衷心感谢。

#### 参 考 文 献

- [1] 张培强:《MATLAB 语言-演算纸式的科学工程计算语言》,合肥:中国科学技术大学出版社,1995.6
- [2] 易大义、程道琦:《数值分析引论》,杭州:浙江大学出版社,1998.9

- [3] Duane Hanselman、Bruce Littlefield、李人厚、张平安等译:《精通 MATLAB-综合辅导与指南》,西安:西安交大出版社,1997.3
- [4] 李汝勤、宋均才:《纤维和纺织品的测试原理与仪器》,上海:中国纺织大学出版社,1995.8
- [5] 张友信:夹子取样法检测棉纤维长度的原理与实践,《纺织学报》,1999.2, Vol.20, 20~23