

# 电容式条干均匀度仪上纱条 离散特征数方差 $\sigma^2$ 的研究

潘 劲

(上海工程技术大学纺织学院)

**【摘要】**本文研究了在电容式条干均匀度仪上把现在的反映内不匀的变异系数，改用反映内外不匀的总变异系数来表征纱条均匀度。用上述方式计算总变异，大大提高了测量精度。

纱条沿长度方向截面内纤维根数的分布是不均匀的，这是纺纱牵伸运动中，纤维在纱条内随机排列和机械状况不良造成的。研究纱条内纤维排列不匀的特性，是提高成纱质量的重要途径。为此，研制出多种测试仪器和方法研究纱条直径变化，利用测长称重法求纱条单位长度重量不匀，或用电容式条干均匀度仪测量短片段(8mm)间线密度不匀等。纱条不匀常用离散特征数方差和变异系数来表征。

## 一、电容均匀度仪上运用方差特征数( $\sigma^2$ )的研究

目前电容均匀度仪用变异系数( $\overline{CV}$ )来表征条干不匀。每次试验长度一般为400米，进行多次试验，求其平均值作为评定结果。

我们知道，测量长度越长，则结果的准确性就高。本文着重讨论如何提高测量精确度。如果一次试验测量长度代表性不足，能够用多

次试验, 通过方差加法定理, 把管内方差加上管间方差得到总方差, 被总平均数除, 求得总变异, 这就等于把测量长度扩大了数倍, 提高了测量精度。

本文通过实际运算和理论分析, 得到一个运算公式:  $\sigma^2 = \bar{\sigma}_k^2 + \sigma_y^2$ , 求出K次试验的总方差, 被总平均相除得总变异, 结果测量长度比原来增加了K倍。

## 二、方程式的理论推导

被测纱线的特数, 速度, 时间, 管纱数和每管测试长度等按标准而定。所以每管纱测试的数据量是个定值。

公式推导: 设每次试验数据量为  $n_i$  ( $n_i$  为常数)。K次试验数据总量  $n = Kn_i$ 。在如图(1)不匀曲线上可取得许多数据  $x$  值。

① 总平均:

$$\bar{x} = \sum_1^k n_i \bar{x}_k / n = n_i \sum_1^k \bar{x}_k / n = \sum_1^k \bar{x}_k / K$$

② 管间方差:

$$\sigma_y^2 = \sum_1^k (\bar{x}_k - \bar{x})^2 / K = \left( \sum_1^k \bar{x}_k^2 / K \right) - \bar{x}^2$$

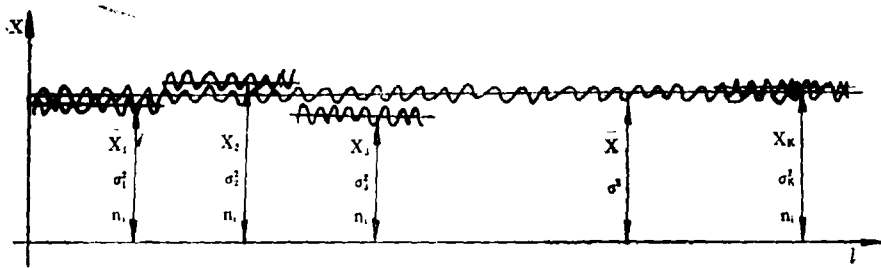


图1 不匀曲线上取得数据

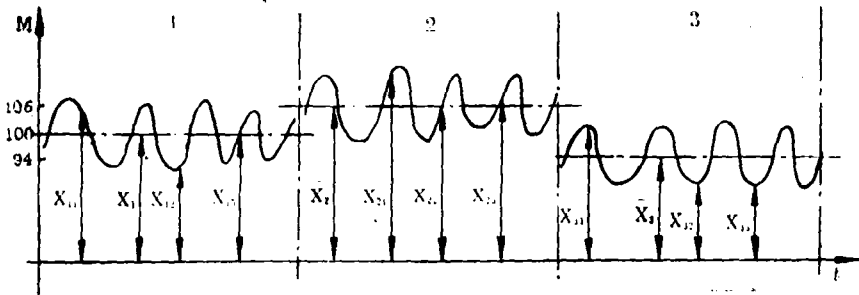


图2 电容式均匀试验仪测得不匀率曲线

③ 第K管方差:

$$\sigma_k^2 = \sum (x_i - \bar{x}_k)^2 / n_i = \left( \sum_1^i x_i^2 / n_i \right) - \bar{x}_k^2$$

④ K个管纱的平均方差:

$$\bar{\sigma}_k^2 = \sum_1^k n_i \sigma_k^2 / n = (\sum x^2 / n) - \left( \sum_1^k \bar{x}_k^2 / K \right)$$

其中:  $\sum_1^k \sum_1^i x_i^2 = \sum x^2$

⑤ 管间方差加K个管纱平均方差

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_k^2 + \sigma_y^2 &= \left( \frac{\sum x^2}{n} - \frac{\sum_1^k \bar{x}_k^2}{K} \right) \\ &+ \left( \frac{\sum_1^k \bar{x}_k^2}{K} - \bar{x}^2 \right) = \frac{\sum x^2}{n} - \bar{x}^2 \end{aligned}$$

而且, 所有管纱数据的总方差  $\sigma^2$  为:

$$\sigma^2 = \sum (x - \bar{x})^2 / n = (\sum x^2 / n) - \bar{x}^2$$

此结果正好与⑤求出的结果相等。

即:

$$\sigma^2 = \bar{\sigma}_k^2 + \sigma_y^2$$

式中:  $\bar{\sigma}_k^2$  为K管纱平均方差表示纱线片段内不匀;  $\sigma_y^2$  为K管纱间方差表示纱线片段间不匀。

再根据总方差求出总变异  $CV_s$ :

$$CV_s = \frac{\sigma}{\bar{x}} 100\%$$

这样总变异既表征了条干片段内不匀又表征了片段间不匀。

## 三、实测计算结果与分析

取纯棉纱管三只, 在电容式均匀试验仪上测试, 测试速度 400m/min, 测一分钟, 测试纱长为400m,

测得不匀率曲线如图 2 所示。

在每个管纱的不匀率曲线图上取数值，取数方法如下。第一个管纱的平均值是  $\bar{x}_1 = 100$ ，在第一管纱不匀曲线上取第一个数值，比平均值粗 10%，于是第一个数值为  $x_{11} = \bar{x}_1 + \bar{x}_1 \times 10\% = 100 + 100 \times 10\% = 110$ ，取第二个数值比平均值细 10%，第二个数值  $x_{12} = \bar{x}_1 - \bar{x}_1 \times 10\% = 100 - 100 \times 10\% = 90$ ，按此取数法，每个管取 30 个数值，三个管纱共 90 个数值。

$$n_1 = n_2 = n_3 = 30, n = 90$$

第一管的 30 个数值，平均值  $\bar{x}_1 = 100$ 。

110	90	105	95	92	108	110	90	108	92
109	91	107	93	109	91	107	93	106	94
110	90	112	88	108	92	106	94	109	91

第二管的 30 个数值，平均值  $\bar{x}_2 = 106$ 。

112	100	114	98	113	99	114	98	115	97
111	101	116	96	117	95	118	94	116	96
115	97	112	100	113	99	116	98	117	95

第三管的 30 数值，平均值  $\bar{x}_3 = 94$ 。

100	88	90	98	96	92	98	90	97	91
101	87	102	86	99	89	96	92	99	89
98	90	101	87	100	88	102	86	97	91

$$\sigma_1^2 = \frac{2148}{90}, \quad \sigma_2^2 = \frac{2342}{30}, \quad \sigma_3^2 = \frac{844}{30}$$

三管纱方差的平均：

$$\sigma_k^2 = \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2}{3} = \frac{5334}{90}$$

三管纱间的方差：

$$\sigma_y^2 = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x})^2 + (\bar{x}_2 - \bar{x})^2 + (\bar{x}_3 - \bar{x})^2}{3} = \frac{72}{3}$$

而

$$\bar{\sigma}_k^2 + \sigma_y^2 = \frac{5334}{90} + \frac{72}{3} = \frac{7494}{90} \quad (1)$$

三个管纱总共测试 90 个数据的总方差，可看成一次连续试验测量了 90 个数据的方差，它的测量长度是每个管纱测量长度的三倍，

总平均：

$$\bar{x} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3}{3} = \frac{\sum x}{n} = 100$$

总方差：

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{90} (x - \bar{x})^2}{n} = \frac{7494}{90} \quad (2)$$

我们看到①式的结果与②式的结果相同。所以就有公式  $\sigma^2 = \bar{\sigma}_k^2 + \sigma_y^2$ ，按此公式，测量各个管纱的平均值和方差就能求出总不匀率。

按目前均匀度仪的计算方法，求变异系数  $\overline{CV}$

$$CV_1 = \frac{\sigma_1}{\bar{x}_1} = 8.47\%, \quad CV_2 = \frac{\sigma_2}{\bar{x}_2} = 8.34\%$$

$$CV_3 = \frac{\sigma_3}{\bar{x}_3} = 5.65\%$$

其平均值：

$$\overline{CV} = \frac{CV_1 + CV_2 + CV_3}{3} = 7.49\%$$

目前均匀度仪用各管 CV 值的平均来衡量条干不匀，不过它的测量长度也只是 400 米，只能表征片段内不匀。

而总变异系数可用上述公式求出的总方差除以总平均来求出，

总变异系数

$$CV_s = (\sigma / \bar{x}) \times 100\% = 9.13\%$$

该总变异系数表征了片段内不匀和片段间不匀。测量长度比原来提高数倍，测量精度也提高。

#### 四、结 论

采用总不匀  $CV_s$  值取代目前电容均匀度仪上用的  $\overline{CV}$  值。在采用后，测量操作与原来一样，各测量条件也相同，还是分别测量多个管纱。所不同的是在仪器计算的时候，用公式  $\sigma^2 = \bar{\sigma}_k^2 + \sigma_y^2$  把各管的片段内不匀和片段外不匀加起来得到总方差  $\sigma^2$ ，再与总平均相除即可得总变异系数  $CV_s$  值。它的代表性、精确性大大提高。

#### 参 考 资 料

- [1] 王贤洁：《纱条均匀度测试》，纺织工业出版社。