

电容法纤维长度变异系数测试原理及应用

陈 福 全

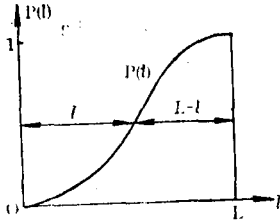
(内蒙古电子研究所)

【摘要】 本文推导了按重量加权的长度变异系数与纤维束截面积分布函数之间的关系。据此设计的电路已应用于 YMC-300(II)型羊毛长度仪。

参照 Almeter 纤维长度仪原理, 内蒙古电子研究所与北京第二毛纺厂研制了 YMC-300(I)型羊毛长度仪, 但该仪器不能简捷给出按重量加权的长度变异系数 CV_B , 而是需在 H 累积图上人工测绘求出, 不仅费时而且误差大。为此推导出 CV_B 与纤维束截面积对送进长度 l 的分布函数 $P(l)$ 之间的关系, 并据此设计电路, 研制成可简捷给出 CV_B 的 YMC-300(II)型羊毛长度仪, 既缩短了测试时间, 又提高了精度。该仪器已通过纺织部技术鉴定。

一、 CV_B 与 $P(l)$ 的数学关系

设 $P(l)$ 为纤维束中长度大于 $L-l$ 的纤维截面积累积概率 (L 为最大纤维长度), 则 $P(l)$ 为如图 2 所示测量电容器所测纤维束截面积对送进长度 l 的分布函数 (见图 1)。当 $l=0$ 时, $P(l)=0$; 当 $l=L$ 时, $p(l)=1$, dp 图 1 纤维束截面积分布函数 (l) 即为长度为 $L-l$ 的纤维截面积的权。



因此有截面积加权平均长度:

$$H = \int_0^L (L-l) dP(l) = \int_0^L P(l) dl$$

长度为 $L-l$ 纤维重量的权为 $(L-l)dP(l)/H$ 。

重量加权平均长度:

$$B = \int_0^L (L-l) \frac{1}{H} (L-l) dP(l) \\ = \frac{2}{H} \int_0^L (L-l) P(l) dl$$

$$= \frac{2}{H} \int_0^L dl \int_0^l P(l) dl$$

已经知道截面积加权的长度变异系数 $CV_B = \sqrt{B/H-1}$, 现求重量加权的长度变异系数 CV_B :

$$\sigma_B^2 = \int_0^L [(L-l) - B]^2 \frac{1}{H} (L-l) dP(l) \\ = \int_0^L (L-l)^2 \frac{1}{H} (L-l) dP(l) - B^2 \\ = C - B^2$$

$$C = \frac{1}{H} \int_0^L (L-l)^3 dP(l) \\ = \frac{3}{H} \left[(L-l)^2 \int_0^l P(l) dl \right]_0^L + 2 \int_0^L (L-l) \int_0^l P(l) dl dl \\ = \frac{6}{H} \left[(L-l) \int_0^l P(l) dl \right]_0^L + \int_0^L \int_0^l P(l) dl dl \\ = \frac{6}{H} \int_0^L dl \int_0^l P(l) dl \\ CV_B = \sqrt{\sigma_B^2 / B} = \sqrt{C/B^2 - 1}$$

二、模拟电路原理

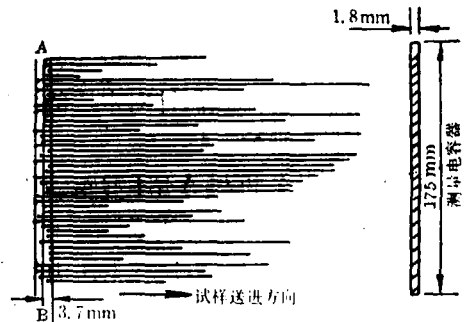
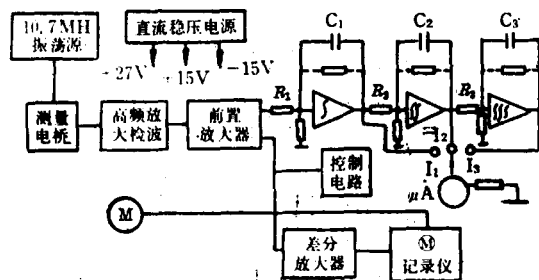


图 2 试样送进方向与测量电容器

将试样一端排齐，铺成一定宽度，放在载样器上按图2所示方向，通过测量电容器。试样送进速度为 V ，送进长度 $l=Vt$ 。测量电容器信号 $\phi(t)$ 与被测截面积成正比。 $t=0$ 时， $l=0$ ， $\phi(t)=0$ ；当试样全部送进时 t 有最大值 $T=L/V$ ， $\phi(t)$ 也有最大值 ϕ_r 。通过调满档，可将 ϕ_r 调为定值。注意到送进长度为 l 时，实际对应纤维长度为 $L-l$ ，所以 $\phi(t)/\phi_r$ 即为前述分布函数 $P(l)$ 。

$$\text{因此有: } H = \int_0^T \phi(t)/\phi_r d(Vt) = V/\phi_r \int_0^T \phi(t) dt \quad (1)$$

$$B = \frac{2}{H} \int_0^T d(Vt) \int_0^t \phi(t)/\phi_r d(Vt) \\ = (2V^2/H \cdot \phi_r) \int_0^T dt \int_0^t \phi(t) dt \quad (2)$$



(控制电路通记录仪及M)

图3 YMC-300(II)型羊毛长度仪方框图

$$C = 6/H \int_0^T d(Vt) \int_0^t d(Vt) \int_0^t [\phi(t)/\phi_r] d(Vt) \\ = (6V^3/H \phi_r) \int_0^T dt \int_0^t dt \int_0^t \phi(t) dt \quad (3)$$

根据上述各式，设计了三次模拟积分电路(图3)，当输入信号为 $\phi(t)$ ，时间为 T 时(即试样送尽时)，

$$I_1 = \frac{1}{R_1 C_1} \int_0^T \phi(t) dt \quad (4)$$

$$I_2 = \frac{1}{R_1 C_1 R_2 C_2} \int_0^T dt \int_0^t \phi(t) dt \quad (5)$$

$$I_3 = (1/R_1 C_1 R_2 C_2 R_3 C_3) \int_0^T dt \int_0^t dt \int_0^t \phi(t) dt \quad (6)$$

将式(1)除以式(4)得：

$$H = VR_1 C_1 I_1 / \phi_r = \alpha I_1$$

将式(2)除以式(5)得：

$$B = 2VR_2 C_2 I_2 / I_1 = \beta I_2 / I_1$$

将式(3)除以式(6)得：

$$C = 6V^2 R_2 C_2 R_3 C_3 I_3 / I_1 = \gamma I_3 / I_1$$

由于 V 及各 R 、 C 值均为定值， ϕ_r 经调满档后也为定值，所以 α 、 β 、 γ 也都为定值。在读出 I_1 、 I_2 、 I_3 后可很快算出 H 、 B 、 C ，进而算出 CV_H 和 CV_B 。

参 考 资 料

- [1] «Alemeter Instruction Book for the Users».
- [2] «AImeter AL-100 Texlab Book for the Users».