

# 对罗德式纤维摩擦系数测试仪的改进

安瑞凤 佟立民

(天津纺织工学院)

**【提要】** 作者对罗德式纤维摩擦系数测试仪测量静摩擦系数过程中存在的缺点进行了分析,并用微型电动机和光敏检测器组成的控制系统代替原来的手动目测,有效地克服了测试中的人为误差,提高了测量精度和测试效率,使仪器性能更加完善。

## 一、概述

我国目前测试短纤维摩擦系数所使用的仪器,按来源来分有以下三种:

(1) 日本松井精机制作所生产的短纤维摩擦系数测试仪。

(2) 常州第二纺织机械厂生产的Y151型短纤维摩擦系数测试仪。

(3) 天津纺织工学院研制的可控硅调速纤维摩擦系数测试仪。

以上三种仪器的测试原理是相同的,都是根据纤维绕过圆柱体后张力发生的变化,利用欧拉公式算出摩擦系数的。因这种仪器最初是由荷兰科学家H·L·Röder于1953年提出的,所以国际上称为罗德式摩擦系数仪。

这类仪器的主要优点是,测量不同速度下的动摩擦系数比较简便,测量结果比较稳定。但是用这类仪器测量纤维的静摩擦系数,是手工操作,即用手转动扭力天平的旋钮,用眼睛判断纤维在测轴上开始滑动的瞬时,以确定最大静摩擦力的数值,因而存在以下缺点:

(1) 用手转动扭力天平旋钮的速度即加力速度难于均匀,对测量结果有一定影响。

(2) 用眼睛观察纤维开始滑动的瞬时,不容易判断准确。特别是当纤维与某种材料的动摩擦系数大于静摩擦系数时,纤维开始滑动的时刻更难判断。

(3) 从看到纤维开始滑动到停止转动扭

力天平旋钮,不能做到同步配合,其间总会有滞后现象,结果造成记录数据偏大。

此外,不同操作人员之间,或同一操作人员各次测试之间也必然存在着差异,因而造成测试结果存在明显的随机误差和系统误差。

由于以上原因,造成使用这类仪器测量纤维静摩擦系数时误差较大,数据不够精确。因此有必要对仪器进一步改进,以提高其测试精度。

## 二、仪器的改进

针对仪器的上述缺陷,进行了如下改进:

1. 用一微型电动机带动扭力天平旋钮,使加力速度可以控制。

扭力天平加力速度的快慢是影响测试结果的重要因素,从表1的实验结果可以看到,用不同的加力速度进行测试,测试结果有显著差异。因此,为求得可比较的测试结果,

表1 不同加力速度下的静摩擦系数 $\mu_s$ 值

测试材料	静摩擦系数 $\mu_s$		
	$V_1$	$V_2$	$V_3$
涤纶—不锈钢	0.160	0.168	0.205
腈纶—不锈钢	0.125	0.135	0.240
粘胶—不锈钢	0.127	0.145	0.160
涤纶—涤纶	0.208	0.196	0.190
腈纶—腈纶	0.240	0.227	0.227
粘胶—粘胶	0.261	0.254	0.244

注:加力速度 $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 分别为250、500、1000毫克/分。

必须使加力速度固定。

微型电动机转速为 2 转/分(皮带盘直径为 30 毫米), 安装在扭力天平刻度盘的右下方, 通过皮带转动, 带动扭力天平的旋钮(上有直径 60 毫米的皮带盘), 以实现加力速度恒定的要求。在电动机和扭力天平上可配不同尺寸的皮带盘, 供选择不同加力速度。

实验结果表明, 加力速度过快, 可使实验结果的离散程度增大。但加力速度太慢又影响测试效率。因此当天平的量程为 500 毫克时, 加力速度以 500 毫克/分为宜, 此时电机与天平的皮带盘直径之比为 1:2。

2. 用光电开关电路判断纤维开始滑动的时刻, 并控制电动机自停。

如前所述, 由于原仪器用手工操作, 造成测量结果有较大的随机误差和系统误差。从表 2 的实验数据可看到, 用原仪器手工操作进行测试, 所得的数据有明显的波动, 20 次测试结果的离散系数为 2.33%, 同时, 手工测量的结果(平均值)比较大, 表明原仪器测量结果有明显的系统误差。

为了克服原仪器手工操作造成的上述缺点, 改用了光电开关电路(见图)实现自动控制进行测量。

将电路中的光源和光敏二极管分别安装在扭力天平摆杆的前后两侧, 调节其上下位置, 使摆杆降至最低位置时, 光线恰好照射到光敏二极管上, 而摆杆从最低位置上升时, 能立即挡住光线。经二级放大器驱动继电器 J, 控制电动机电源。开始测量时, 纤维一端的张力夹子将天平摆杆压下, 光敏二极管

受光照, 使晶体管  $BG_2$  导通, 继电器 J 闭合, 电动机通电转动, 带动扭力天平旋钮以一定的速度开始加力。当加力到一定程度时, 纤维开始在测轴上滑动, 这时天平摆杆立即随之上升, 于是遮挡了光线, 晶体管  $BG_2$  截止, 继电器 J 断路, 电动机电源被切断而停止转动。此时便可以记录天平的读数。

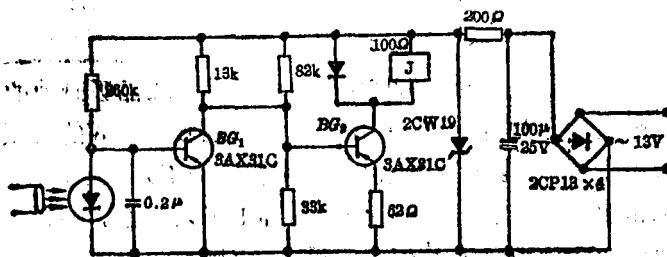
以上设计和改进, 变手动目测为自动控制, 从而避免了人为因素造成的测量误差。

所谓测量误差, 是指对同一被测值进行重复测量时, 各次测量结果之间存在差异。为了检验仪器改进后在减小测量误差方面的效果, 进行了对比实验, 方法是将被测值挂在扭力天平的秤钩上, 然后分别用手工操作和自动控制操作两种方法记录天平加力过程中指针开始发生摆动时的读数。每种方式重复测量 20 次, 实验结果如表 2 所示。可以看出, 自动控制测试的结果, 数据波动很小, 20 次测量数据的离散系数最小为 0 (加力速度为  $V_1$ 、 $V_2$  时), 最大只有 0.68%, 平均仅为 0.26%, 比用手工操作测量时数据的离散系数 2.33% 降低了 88%, 使测量的随机误差大大减小。从表 2 还可以看到, 用自动控制方法测试的结果(平均值)比用手工测试的结果小, 这表明自动控制测试有效地克服了手工操作测试中的滞后现象, 减小了测试的系统误差。

以上实验证明, 改进后的仪器基本上消除了原有仪器的缺陷, 利用它进行各种纤维静摩擦系数的测量, 效果是令人满意的。

仪器改进前后测得的涤纶、粘胶、腈纶

三种纤维与不锈钢测轴的静摩擦系数数据对比见表 3。表中所列数据是对一根纤维重复测量 5 次的平均值  $\bar{f}$  和极差  $\Delta$ 、标准差  $\sigma$ 、离散系数  $C$ 。从表 3 可看出, 自动控制测量的数据各项离散指标均小于手工操作测量的结果。这表明仪器改进后使测量纤维静摩擦系



控制电路图

表2 两种测量方式所得数据的误差对比

砝码重	100 毫克					200 毫克						
	手控	自动控制				手控	自动控制					
		$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$		$V_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
最大值	95	84	85	87.5	88	90.5	196	190	191.5	193.5	195.5	196.5
最小值	87	84	85	86.5	86	89	192	190	191	193	194.5	195.5
平均值	90.3	84	85	86.9	87.0	89.8	194.0	190	191.5	193.1	195.1	196.1
极差	8	0	0	1	2	1.5	4	0	0.5	0.5	1	1
标准差 $\sigma$	2.11	0	0	0.18	0.60	0.38	1.15	0	0.11	0.18	0.22	0.22
离散系数(%)	2.33	0	0	0.21	0.68	0.42	0.59	0	0.06	0.09	0.11	0.11

注：扭力天平的加力速度 $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5$ 分别为250、500、1000、1500、2000毫克/分。

表3 用两种方式测量纤维与不锈钢的静摩擦数据对比

摩擦种类	涤纶纤维—不锈钢				粘胶纤维—不锈钢				腈纶纤维—不锈钢			
	$\bar{f}_s$ (毫克)	$\Delta$	$\sigma$	C(%)	$\bar{f}_s$ (毫克)	$\Delta$	$\sigma$	C(%)	$\bar{f}_s$ (毫克)	$\Delta$	$\sigma$	C(%)
手工操作	78.6	7.4	3.21	4.08	73	7.2	3.08	4.22	82	10.1	4.44	5.41
自动控制	79.4	4.2	2.03	2.56	66	3.5	1.58	2.39	62	5.4	2.53	4.09

数的精确度有显著提高。

### 三、仪器改进后的特点

1. 利用改进后的仪器测量纤维摩擦系数时，只需转动一下测轴，便可自动进行测量。因此，可减轻劳动强度，提高测试效率。

2. 由于改变了手动目测方法，克服了原

仪器测静摩擦系数的缺陷，因此仪器性能更加完善，测试误差减小，数据稳定，精确度提高。

3. 扭力天平加力速度的快慢可以根据实验的要求加以控制，避免了加力速度对测试结果的影响，使测试结果有对比性。

4. 仪器的改造结构简单，性能稳定。