

USTER[®] TENSORAPID



乌斯特

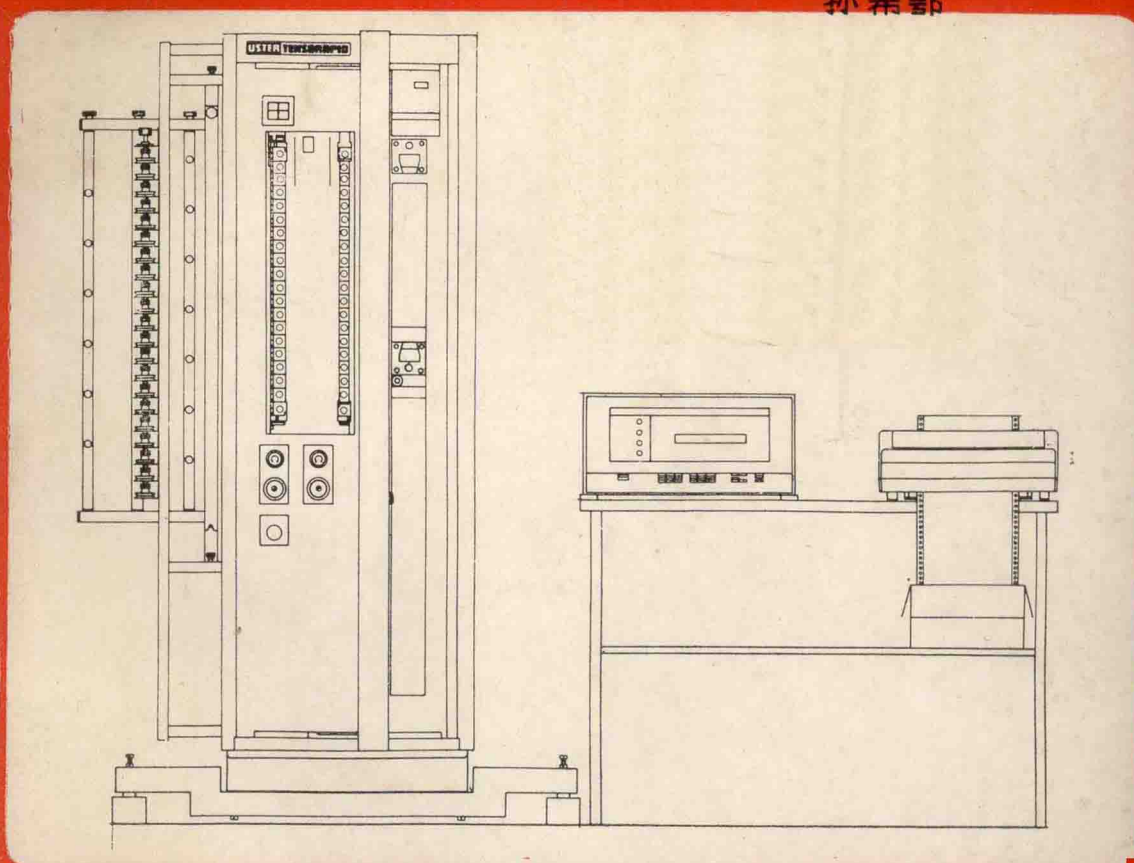
单根纱线拉伸试验 使用手册

USTER

Tensile Testing of Single and Ply Yarns

APPLICATION HANDBOOK

徐鑫耀 编译 任彩良 审校
孙希鄂



Zellweger Uster Ltd.
CH-8610 Uster/Switzerland

Telephone 01/940 6711
Telex 826109
Telefax 01/940 7079

eger
USTER

乌斯特单纱与股线拉伸试验
使用手册
(上下册)

上海乌斯特技术服务站出版

一九八八年三月

说 明

为适应纺织生产和科研人员的需要，我们编译了这本手册。该手册为上下两册合订本，上册为《乌斯特单纱与股线拉伸试验使用手册》，主要内容为拉伸强力和伸长试验的基本理论、强力和伸长试验的统计计算和乌斯特统计值、捻接头试验、钩接试验、周期性质量不均匀对强力的影响试验以及棉纺、麻纺、化纤、缝纫厂等的纱线质量控制、取样方法、实际试验方法等；下册为《乌斯特 TENSORAPID 操作规程》，主要介绍该仪器的技术特性、各部分的功能、键盘输入程序编制实例、夹钳位置与夹钳调换、试验模式的选择、各类打印输出报告的解释、变异系数的种类与计算方法、出错与警报指示、仪器自校程序等。上册具有通用性，下册特别适用于引进 TENSORAPID 试验仪器的单位。

本手册可供棉、毛、麻纺织厂、化纤厂有关技术人员及试验工人日常查阅，並可作为大专院校纺织材料及纺织工艺教学的参考。

目 录

上 册

USTER TENSORAPID

单纱与股线拉伸试验 应用手册

第一章 拉伸强力与伸长试验总述

1. 测试原理..... (1)
2. 测量拉伸强力和伸长的物理原理..... (2)
3. 术语解释..... (5)
4. 影响拉伸强力和伸长试验的因素..... (16)
5. 断裂强力和伸长试验的经验值..... (34)
6. 试验时间值转换为恒定拉伸速率..... (42)
7. 一组试验的总试验时间..... (45)
8. 典型的强力—伸长特性曲线..... (48)

第二章 强力和拉伸试验的统计值

1. 关于拉伸强力试验的乌斯特统计值的解释..... (57)
2. 平均值 $\bar{X}$ (61)
3. 变异系数CV..... (61)
4. 关于变异系数CV的乌斯特统计值的解释..... (62)
5. 强力、伸长和断裂功的置信区间..... (62)
6. 两个试验结果的差异显著性..... (65)
7. 变异系数(CV)值(CV_W 、 CV_B 、 CV_T)的计算方法..... (74)
8. 拉伸强力、纤维性能、捻度和细纱机、织机、针织机断头率之间的关系... (78)

第三章 实际测试

1. 捻接头试验..... (95)
2. 周期性质量变异对拉伸强力的影响..... (95)
3. 钩接试验..... (96)
4. 长丝纱周期性斑点对伸长的影响..... (97)
5. 工业用长丝纱纺丝工艺的分析..... (99)

6. 化学纤维厂的质量控制.....	(102)
7. 缝纫线厂的质量控制.....	(103)
8. 细支纱纺纱厂的质量控制.....	(105)

第四章 取样

1. 批的代表性取样.....	(108)
2. 随机取样.....	(108)
3. 规律性取样.....	(109)
4. 细纱机达到100%检验率的周期.....	(110)
5. 小批量取样.....	(110)
6. 拉伸试验和均匀度试验的取样.....	(110)

第五章 拉伸试验程序

1. 环境条件及纱线卷装的调湿.....	(111)
2. 一个卷装内试验次数的选择.....	(111)
3. 长周期内拉伸试验控制图的绘制.....	(113)
4. 测试程序.....	(113)

附 录

附录1: 拉伸强力与伸长试验标准.....	(115)
附录2: 与其它拉伸试验仪的比较.....	(116)
附录3: 关于计量单位的说明.....	(123)
附录4: 统计术语与定义.....	(124)
附录5: 英制单位转换为公制单位.....	(128)
附录6: 纱支系统转换表.....	(129)
附录7: 参考文献.....	(130)

下 册

USTER TENSORAPID

操 作 规 程

第一章 仪器结构与技术数据

1 引言.....	(133)
2 仪器的简要说明.....	(133)

3	辅助设备和附件	(133)
4	技术数据	(134)
第二章	试验仪的设定与显示	
1	指示灯	(137)
2	试验纱线的排除	(137)
3	夹持压力和剩纱排除压力	(138)
4	紧急停机	(138)
5	电气联接、保险丝和压缩空气联接	(138)
6	试验准备工作	(139)
第三章	控制仪的设定与显示	
1	前部面板上的显示单元和操作单元	(141)
2	后背板上的电气联接和保险丝	(142)
3	键盘排列	(142)
第四章	打印机的设定与显示	
1	打印机上方的操作单元和指示灯	(145)
2	电气联接和后背板上的保险丝	(145)
3	放纸	(146)
4	纸的定位	(147)
5	色带盒的调换	(147)
6	打印机的音响信号	(148)
第五章	输入试验条件的规则	
第六章	输入试验条件的顺序	
第七章	各功能键意义综述	
1	引言	(151)
2	各键功能	(152)
3	各功能键的特性	(156)
4	容许的数据输入与不容许的数据输入	(160)
第八章	关于START/STOP键 (启动/停止)、BREAK键(中断)与RESET键(复位)的说明	
第九章	程序编制实例	
第十章	仪器的初次起劲/时间与日期的输入	
1	投入运行	(176)
2	仪器的冷起动	(176)

3	仪器的初始化.....	(177)
4	时间和日期的设定.....	(177)
5	UTR的校验.....	(178)
第十一章 夹面的调换		
第十二章 夹钳位置的变换		
第十三章 功能键TESTMODE (试验模式键)		
1	引言.....	(185)
2	手工喂纱.....	(185)
3	打印输出 4 个选择的参照值和部分功值.....	(186)
4	打印输出强力—伸长特性曲线.....	(188)
5	打印输出模量—伸长特性曲线.....	(190)
6	打印输出 4 个模量值.....	(192)
7	打印输出65000次以下的单值.....	(194)
第十四章 可供选择的各类打印报告的说明		
1	报告标题中使用的术语解释.....	(196)
2	报告中试验结果部分术语的解释.....	(196)
3	报告的型式.....	(197)
4	频数分布图的特性.....	(213)
第十五章 数个试验组的程序编制		
第十六章 已经开启或作完试验的试验组的后期更改		
第十七章 变异系数CV_B和CV_T		
第十八章 出错指示与警报		
附录 1: 仪器的安装		
1.1	定位.....	(234)
1.2	联接.....	(234)
1.3	仪器拆箱.....	(234)
1.4	后门的安装.....	(237)
1.5	张力器和筒子架的安装.....	(237)
1.6	纱管座的安装.....	(237)
1.7	试验仪的校直.....	(239)
1.8	拆下运输过程中安装在齿轮箱上的密封螺丝, 换上透气螺丝.....	(240)
1.9	测力传感器和连接板的定位.....	(240)
1.10	夹钳的安装.....	(240)
1.11	压缩空气联接.....	(241)
1.12	控制仪的拆箱.....	(242)

1.13	打印机的拆箱.....	(242)
1.14	打印机的定位.....	(243)
1.15	导纸装置的安装.....	(243)
1.16	打印机特征数据的检查.....	(244)
1.17	装纸和装色带.....	(245)
1.18	电源和联接电缆的安装.....	(245)
1.19	电源电压的选择.....	(246)
1.20	电源保险丝的检查.....	(246)
附录 2: 减振器.....		(247)
附录 3: 自检程序.....		(249)

第一章 拉伸强力与伸长试验总述

1. 测试原理

以下几章需要有关于质量、力、伸长和功的测试原理方面的基础知识。它们的单位将在下面作简要说明,关于单位的更详细内容请参看附录3。

1.1 质量

质量和力有根本区别。物体的质量是用简单的天平通过质量比较来测定的。按照这样的测量方法,质量与地球引力无关。质量的单位是千克(kg)。因此,举例来说,纱线支数就可用质量比较的方法测定。

例:如果说有一梳棉条为4ktex,这意味着1000米长的该梳棉条,其质量为4千克。由于细纱、粗纱和条子的质量是以1000米长度为基础来考虑的,所以称为定长制质量($1\text{ktex} = 1\text{kg}/1000\text{m} = 0.001\text{kg}/\text{m}$)。

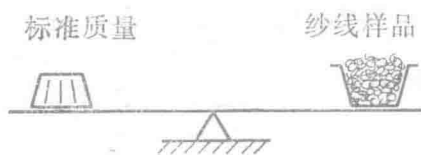


图 1

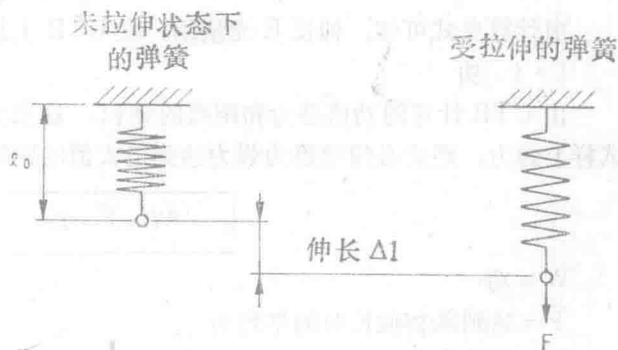


图 2

1.2 力

力是用弹簧秤测定的(图2)。

位移 ΔL 是作用于弹簧上的力的度量。力与重力加速度有关。如果将1kg的砝码挂于图2所示的弹簧上,则为了求取作用于弹簧上的力F,须把质量乘以重力加速度a, $a = 9.81\text{m/s}^2$ 。

$$F = m \cdot a = 1(\text{kg}) \cdot 9.81 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 9.81 \left(\frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} \right) = 9.81(\text{N})$$

力的单位是牛顿(N)。如果图2所示的弹簧悬挂1kg的质量,则作用于弹簧的力为9.81N。

为了说明质量和力的区别,设想把图1和图2所示的实验放在离地球表面很远以致重力加速度仅为 5m/s^2 的地方去做。在那里,用天平称得的质量仍然是1kg,而将1kg的砝码悬挂于弹簧秤上时,弹簧的伸长仅约原先的 ΔL 之半。此时弹簧受到的力仅为5N。

USTER TENSORAPID 单根纱线快速拉伸试验仪(简称UTR,下文用简称)测定的是作用于试样上的最大力值,该值与纱线支数有关,单位为cN/tex。可以推得1cN/tex(厘牛顿每特克斯)比较早使用的“断裂长度”Rkm的单位约小2%。由于用这两个单位所

得值接近相等，因此，把早先使用的“断裂长度”值转换为新单位“厘牛顿每特克斯”应该没有什么不便。相对于拉伸试验中的纱支的强力值称为“强度”(cN/tex)。关于测试原理方面术语的更详细内容参看附录3。

1.3 伸长

纱线作拉伸试验时的伸长E是指试样达到断裂强力时的延伸 ΔL 与试验长度 L_0 (图3)之百分比值，定义为断裂伸长：

$$\text{伸长 } E = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100 \quad (\%)$$

L_0 = 拉伸试验开始时的试样长度(预张力为0.5cN/tex)

ΔL = 试样达到断裂强力时的延伸长度

图 3

由计算公式可知，伸长E无量纲。在UTR上给出的伸长是以百分数表示的值。

1.4 功

由UTR计算的功值是力和距离的乘积，这里力必须理解为达到强力值的条件下施加于试样上的力，距离必须理解为强力达到最大值的瞬间动夹钳移动的距离。

$$W = \bar{F} \cdot L \quad (\text{Nm})$$

W = 功

$\bar{F}$ = 达到断裂伸长时的平均力

L = 移动距离

功的单位是Nm(牛顿一米)或J(焦)。

$$1\text{Nm} = 1\text{J}$$

UTR 计算功的详细说明见3.4节。

2. 测量拉伸强力和伸长的物理原理

2.1 力和距离的关系

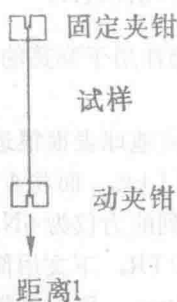


图 4

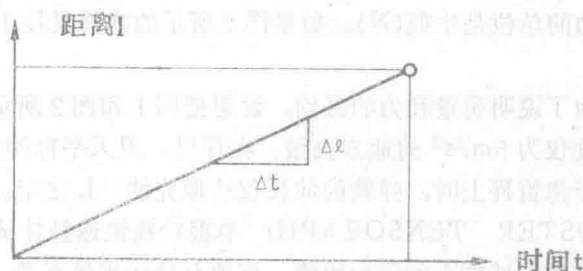


图 5

UTR 是以 CRE (等速伸长) 原理工作的,即单位时间内动夹钳移动的距离是个常数(图 4 和图 5),因此,时间与距离呈线性关系。但试验速度 $\Delta L/\Delta t$ 可在很大范围内变化,最高试验速度为 5 m/min,最低试验速度为 0.05m/min。[注: m/min即米/分,下同]。

2·2 力转换为电信号的原理

作用于试样上的力必须在每一时刻都转换为一个电信号(图 6)。

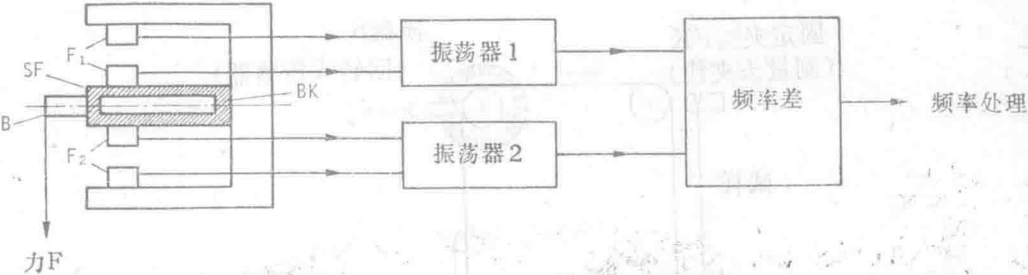


图 6

作用于芯头 B 的力 F 使芯头 B 产生向下的扭变。扭变器 BK 在芯头 B 处也产生最大的位移。由于扭变器是中空的,所以在处于扭转状态时背面 SF 和箭头 F 仍保持垂直,从而使芯头 B 即使在扭变状态下仍保持水平。图 7 表示处于扭变位置的扭变器 BK。芯头 B 在箭头 F 方向(图 7)的扭变增加了接触测距器 F₁ 之间的距离,和减少了接触测距器 F₂ 之间的距离。由于测距器 F₁ 是振荡器 1 的频率检测元件(图 6),测距器 2 是振荡器 2 的频率检测元件,因此两个测距器的频率差将随力 F 的增大而增大。在力与频率差之间存在着接近线性的关系,因而两个振荡器的频率差是扭变器 BK 扭变大小的一种度量,同时也是作用力 F 的一种度量(图 8)。

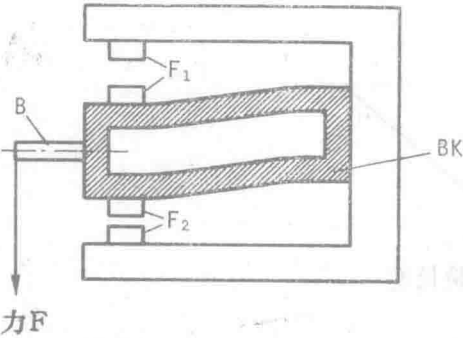


图 7

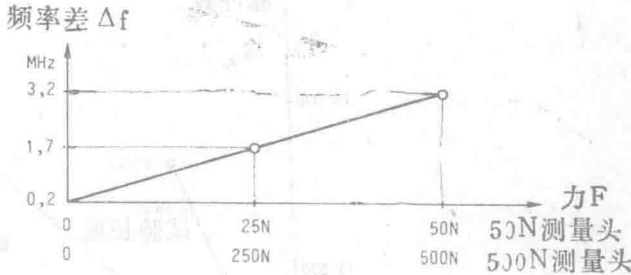


图 8

对于 50N 的测量头,允许最大测力为 50N,相应的频率差为 3.2MHz (兆赫),在无负载状态下,频率差为 0.2MHz,因此,对应于力从 0 到 50N 的变化,频率差的线性变化为 3 MHz。因而最大分辨率为 1 Hz 或 $50/3 \times 1000 \times 1000 = 0.0000167N$ 。

对于 500N 的测量头,频率差的线性变化仍为 3MHz (图 8),因而最大分辨率为 1Hz 或

$$500/3'000'000 = 0.000167N$$

2.3 伸长转换为电信号的原理

伸长转换为电信号的方法如图 9 所示。拉伸试验时，链K藉马达M作按剪头方向的运动，因而动夹钳BK作向下运动。链K同时转动连接在回转式传感器上的圆盘S。圆盘S的周围，配置有1000个均匀分布的标记，链K还驱动动夹钳BK。当圆盘S作圆周运动时，用光学方法测量标记的数量，利用每个标记产生四个脉冲。

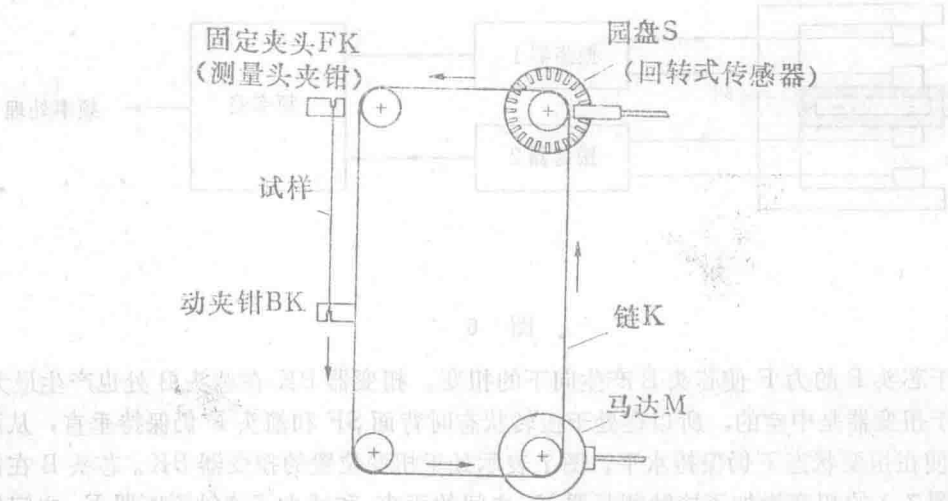


图 9

圆盘S转一转，相当于动夹钳移动168mm，而动夹钳移动168mm的距离相当于圆盘产生的4000个脉冲。因此最大分辨率为1个脉冲或 $168/4000 = 0.042\text{mm}$ 。

脉冲数与伸长间的线性关系如图10所示。

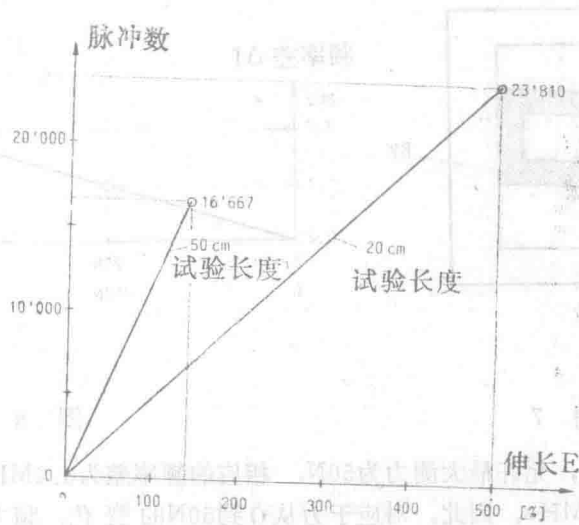


图 10

3. 术语解释

3.1 预张力

为了使各种纱线在拉伸试验开始时都有相同的初始条件，必须对试样施加一个预张力，预张力应为 0.5 cN/tex (图 11)。为了测得有重现性的伸长值，预张力必须标准化，

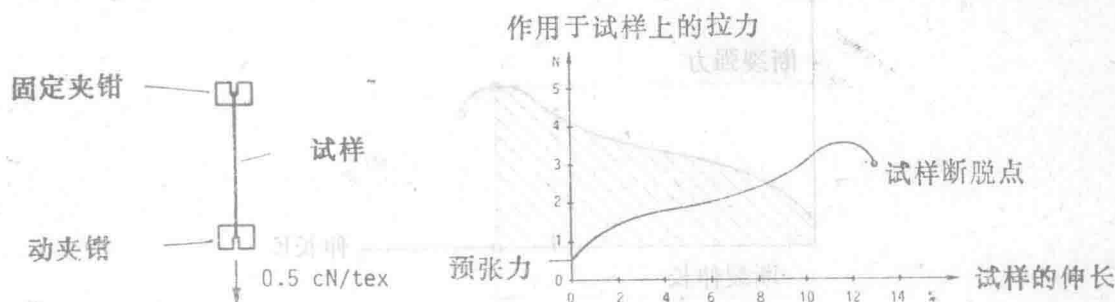


图 11

图 12

3.2 强力—伸长特性曲线

强力—伸长特性曲线是用图解方式表示作用于试样上的力和试样伸长之间关系的曲线 (图 12)，这种关系大多是非线性的。

强力—伸长特性曲线用来对两种试样、两种不同的原料或两种不同的加工工艺作出详细的比较。如果只凭断裂强力、断裂功和断裂伸长的计算值是不可能或至少不是同等地作出如此详细的比较。

强力—伸长特性曲线提供了一种可以读取试样在拉伸试验过程中任意一点的强力及其对应的伸长值的方法。这对于那些强力和伸长之间呈明显非线性关系以及受多种特殊性能影响的原料来说是特别有价值。

3.3 断裂强力、断脱强力、断裂伸长、断脱伸长、强度

在图 13 所示的强力—伸长特性曲线中，绘出了断裂强力、断脱强力、断裂伸长和断脱伸长。断裂强力是指对试样进行拉伸过程中记录到的最大强力值，断裂伸长是指该断裂强力值时的伸长，断脱强力是指试样被分离成两段前的瞬时记录到的强力，断脱伸长是断脱状态下该力所对应的伸长。UTR 的最初版本测定的是断裂强力和以此对应的断裂伸长。

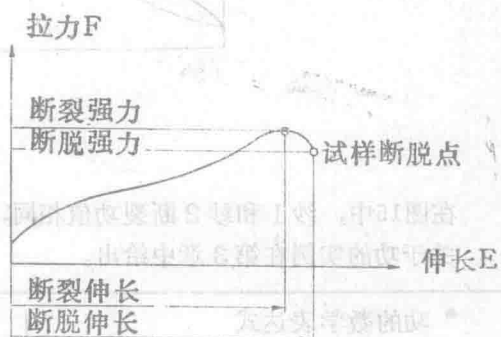


图 13

为便于对不同原料、不同纺纱工艺、不同整理方法和不同纱支作出比较，把断裂强力和纱支结合起来考虑是比较实用的。用这种方法求得值几乎与纱支无关，称为“强度” (单位: cN/tex)。UTR 也计算强度值。

3.4 功

功可用图解方法以断裂强力点以下强力—伸长曲线所包围的面积来表示(图14)。在图14中,相应于功的面积用阴影表示。功的数学计算方法在脚注*中给出。特别对于用作后道加工的纱线来说,功可提供该纱线对后道加工的适用性和反应力方面的信息。功也是用作监测所用原料和纺纱工艺的一种手段。

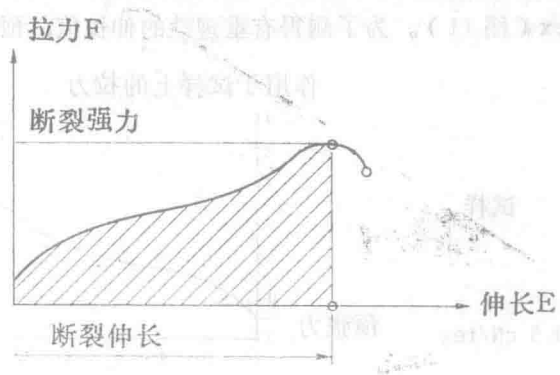


图 14

强力—伸长特性曲线和功并不描述同一特性,但相互起补充作用。两种纱线完全可能有相同的断裂功,但强力—伸长特性曲线可完全不同。

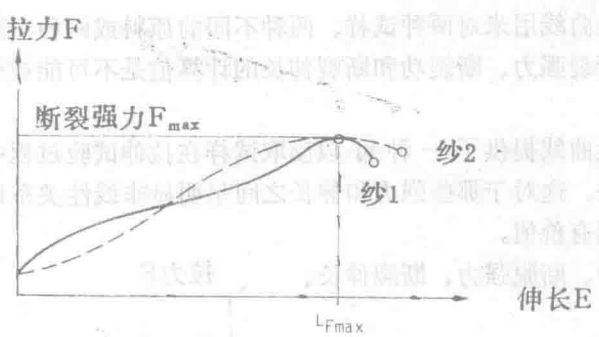


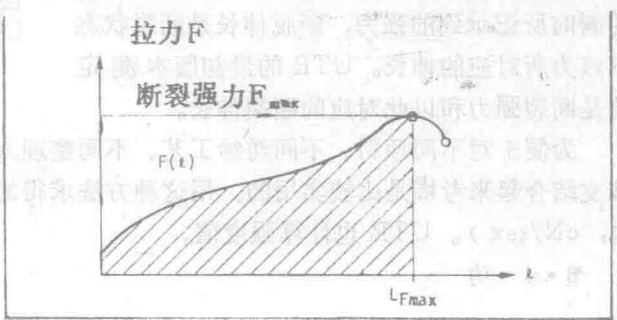
图 15

在图15中,纱1和纱2断裂功值相同,但强力—伸长特性曲线差别很大。

关于功的实例在第3章中给出。

* 功的数学表达式

$$W_{F_{max}} = \int_0^{L_{F_{max}}} F(l) dl$$



我们称计算至达到 $F_{\max}$ 值那点的功为“断裂功”。但UTR还可计算部分功。计算部分功需要预先输入两个伸长值 E_1 和 E_2 (图16a)。

部分功(也有某些场合就说功)对应于强力—伸长曲线下位于如图16a所示的两个给定伸长值之间的阴影部分面积。部分功的数学定义在脚注*中给出。

例:

某化纤厂里,当试验dtex 130f24 POY 聚酯长丝时,关心的是根据拉伸试验确定纺丝参数的变化。为了得出数值的评价,测定了伸长 $E_1=120\%$ 和 $E_2=180\%$ 之间的部分功(图16b)。

该厂对这种长丝先前所作的试验表明,在这两个伸长值之间的强力—伸长特性曲线对纺丝参数的变化有特别强烈的反映。

已经找到具有最佳纺丝条件的部分功是在伸长 $120\% \cdots 180\%$ 的范围内。这是根据统计上有代表性的试验得到的。对该值的任何偏离都在一定程度上反映了丝纺参数变化的水准和型式。

人们常常试图用3·8节所述的参照值来测定加工工艺的变化,但对多种类型的纱线,

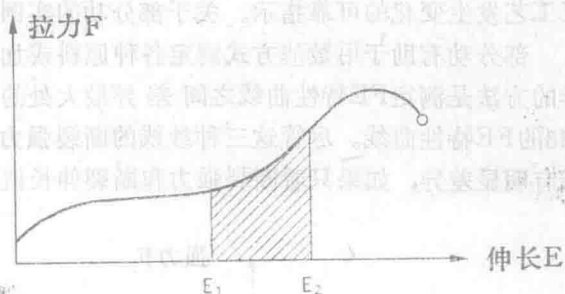


图 16a

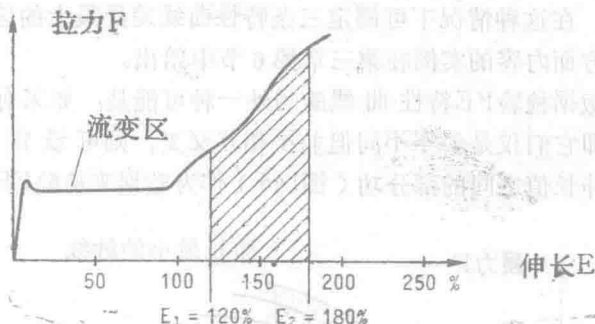
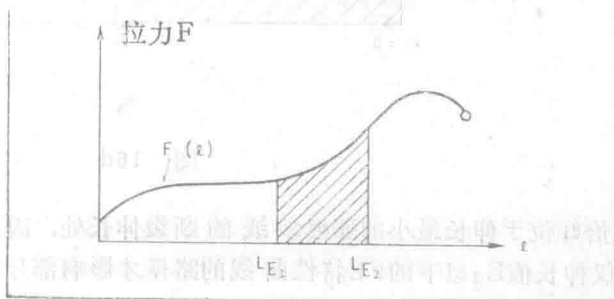


图 16b

* 部分功的数学表达式

$$W_P = \int_{L_{E_1}}^{L_{E_2}} F(l) dl$$



其FE（强力—伸长）特性曲线是以随机事件为其特征，因而在某些场合，参照点可能导致不正确的结论。而计算部分功可测定随机事件，因此在很多情况下，部分功成为表征某些加工工艺发生变化的可靠指示。关于部分功的实例将在第三章中给出。

部分功有助于用数值方式测定各种原料或加工工艺之间的差异。因此，最可察觉这种差异的方法是测定FE特性曲线之间差异最大处的伸长范围内的部分功。图16C表示纱1、2和3的FE特性曲线。尽管这三种纱线的断裂强力和断裂伸长是相同的，但它们的FE特性曲线有明显差异，如果只看断裂强力和断裂伸长值，则反映不出差异。

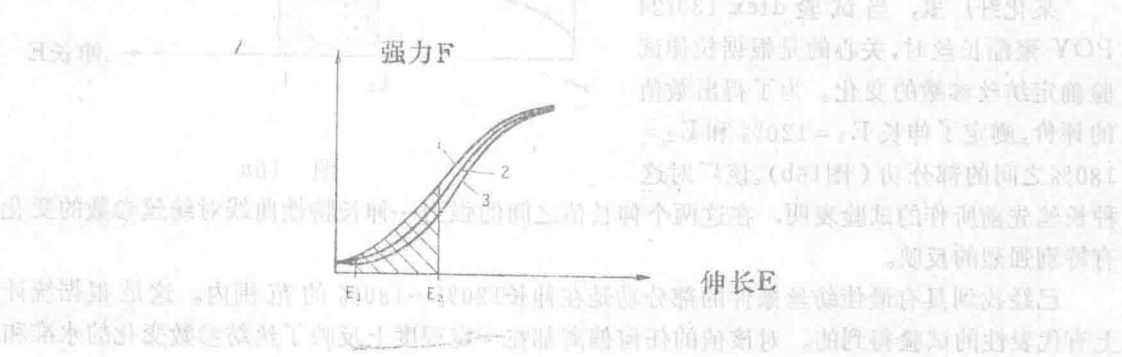


图 16c

由于曲线下面积最大的地方，3条特性曲线几乎相同，因此即使断裂功值也只能表明它们的百分比差异很小。在这种情况下可测定三条特性曲线差异最大的区域即伸长 E_1 和 E_2 之间的部分功。关于这方面内容的实例在第三章第6节中给出。

应用部分功作为数据检验FE特性曲线的另外一种可能是：如果有一特定纱批，FE特性曲线互呈仿射形，即它们仅是斜率不同但并不相互交叉，则可设定从0%到所有受试纱线中伸长最小的那个伸长值之间的部分功（图16d）作为数据来检验FE特性曲线的形态。

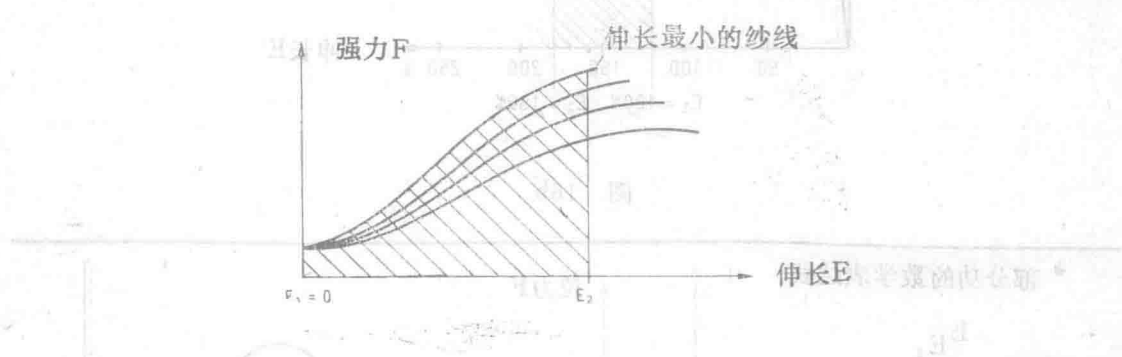


图 16d

E_2 恰好位于伸长最小的那根纱线的断裂伸长处，因此断裂伸长之间的差异将不影响部分功，仅伸长值 E_2 以下的FE特性曲线的路径才影响部分功。伸长值 E_2 必须通过预试来确定。实例见第三章第7节。

断裂功值对断裂强力和断裂伸长的变化反应非常强烈，因为正如大家所知道的，功是力和伸长的乘积。

对于有恒定倾角的FE特性曲线，其伸长与功的关系如脚注*所示。

从脚注中变化量的计算可知，对于10%以下的较小的伸长变化量 ΔE ，功的变化量是它的两倍。

例：某一棉纱线的FE特性曲线的倾角恒等，并通过原点，断裂伸长 $E_0 = 100\%$ ，第二根纱的断裂伸长约大2% ($\Delta E = 2\%$)，问这两根纱的断裂功值的差异有多大？

$$W_{E_0 + \Delta E} \approx W_{E_0} \left(1 + 2 \frac{\Delta E}{E_0} \right) \quad (\text{根据脚注})$$

$$W_{102\%} \approx W_{100\%} \left(1 + 2 \frac{2}{100} \right) \approx W_{100\%} \cdot 1.04 = 1.04 W_{100\%}$$

因此，伸长较高的那根纱线的断裂功约高出两根纱线间伸长变化量的两倍。

如果伸长差 ΔE 超过 $\pm 10\%$ ，则脚注中的忽略部分不可舍去。对于较大的伸长量变化 ΔE ， $\Delta W_{F_{\max}}$ 的量值如右表。

$\pm \Delta E$	$\pm \Delta W_{F_{\max}}$
$\pm 15\%$	$\pm 32\%$
$\pm 20\%$	$\pm 44\%$
$\pm 30\%$	$\pm 69\%$
$\pm 40\%$	$\pm 96\%$

3·5 横线图

横线图是断裂强力单值和相应的断裂伸长单值的图解表示。横线图主要用来把横线的终

* 取有恒定倾角的特性曲线为例，以相邻接的数字来表明当伸长增加 ΔE 时，断裂功变化到什么程度。这种具有恒定特性曲线的情况通常在棉纱上可以看到

当伸长为 E_0 时，纱线的断裂功值：

$$W_{E_0} = \frac{1}{2} E_0 \cdot E_0 \cdot \tan \psi = \frac{1}{2} E_0^2 \cdot \tan \psi$$

当伸长为 $E_0 + \Delta E$ 时，纱线的断裂功值：

$$W_{E_0 + \Delta E} \approx \frac{1}{2} [(E_0 + \Delta E)(E_0 + \Delta E) \tan \psi] = \frac{\tan \psi}{2} (E_0^2 + 2E_0 \cdot \Delta E + \Delta E^2)$$

ΔE 小时可忽略

$$W_{E_0 + \Delta E} \approx \frac{\tan \psi}{2} (E_0^2 + 2E_0 \cdot \Delta E) = \frac{1}{2} \tan \psi \cdot E_0^2 \left(1 + 2 \frac{\Delta E}{E_0} \right)$$

W_{E_0} 对 $W_{E_0 + \Delta E}$ 的关系：

$$\frac{W_{E_0 + \Delta E}}{W_{E_0}} \approx \frac{\frac{1}{2} E_0^2 \cdot \tan \psi \left(1 + 2 \frac{\Delta E}{E_0} \right)}{\frac{1}{2} E_0^2 \cdot \tan \psi} = 1 + 2 \frac{\Delta E}{E_0} \quad W_{E_0 + \Delta E} \approx W_{E_0} \left(1 + 2 \frac{\Delta E}{E_0} \right)$$

