

# 聚酯纤维碱减量加工的原理与工艺探讨

李 军

(上海永新雨衣染织厂)

**【提要】** 本文分析了聚酯纤维碱水解对织物手感、强力、染色性能和积聚静电效应的影响。聚酯纤维的减量率应控制在既不过多影响织物强力,又能使织物获得明显丝绸风格的恰当范围内。本文还探讨了确立这一恰当范围的方法,影响碱水解的主要因素和碱减量加工的工艺安排。另外,还研究了纤维水解后表面形成凹坑的原因,提出了新的见解。

用聚酯纤维纺织仿丝绸织物主要从三方面着手: 1. 纺制异形丝,以增加光泽。2. 加强捻,使纱线起皱,织小提花织物,使其丝绸外观。3. 用碱处理,使织物手感柔软滑爽。

## 一、用减量率衡量聚酯纤维碱水解程度

在聚酯纤维碱水解时,聚酯分子基本链节中两个酯基只水解一个的可能性很小。因为聚酯结构中的酯基极性较高,酯基与苯环的相互作用,使 $-CO-C_6H_4-CO-$ 部分作为一个基本单元进行振动,在热碱溶液中,同时在两酯基边产生空隙, $OH^-$ 渗入空隙时基本上能使两酯基水解。即使两酯基中仅有一个被水解,则剩余部分也将滑离聚酯分子的主链,由于空间位阻效应的减小,滑离主链剩基受 $OH^-$ 撞击的几率增大;且一端酯基被水解后共轭链缩短,也导致体系稳定性下降,所以剩余的酯基总会很快地水解。在聚酯碱水解的残液中,测不出聚酯的低聚物,只有乙二醇和对苯二甲酸钠。由此可确定,聚酯碱水解的理论减量率可按下式计算:

$$\text{理论减量率} = \frac{192 \times \text{NaOH}\% (\text{对纤维重})}{2 \times 40}$$

式中: 192为聚酯基本链节分子量, 40为NaOH分子量。

但是在实际反应中,只有有较高能量的

$OH^-$ 和酯基上的 $=CO$ 按适当的取向碰撞,激发出高于碱水解反应的活化量时,聚酯的碱水解反应才能完成。在碱溶液中,有一部分 $OH^-$ 能量较低,它们碰撞酯基后激发不出高于聚酯碱水解反应活化能的能量,另外有一部分虽有较高能量的 $OH^-$ ,但因未能按适当的取向与同样有较高能量的酯基相撞,也不能发生反应,所以碱处理液中氢氧化钠是不可能完全发生作用的,因此也就不可能根据加入碱处理浴中的氢氧化钠量,用理论减量率计算式求出聚酯纤维的减量程度。所以就需要一个反映实际碱水解程度的量值——实际减量率 $D$ 。实际减量率是织物减量前后重量上的差值比织物的原重量,其计算式是:

$$D = \frac{\text{碱水解前织物重} - \text{碱水解后织物重}}{\text{碱水解前织物重}} \times 100\%$$

实际减量率能较确切地反映织物的减量程度,测定计算也较方便,一般简称减量率,它与理论减量率的关系见图1。

## 二、碱水解后纤维表面形成凹坑的原因

从扫描电子显微镜摄出的照片看,经碱水解后的聚酯纤维表面有许多凹坑,这些凹坑的存在,证明聚酯碱水解反应并不是整个表面均匀地进行,而是不均匀地进行的。

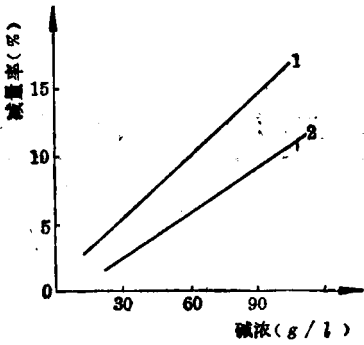


图1 各种碱液下理论和实际减量率关系

1—理论减量率；2—实际减量率。

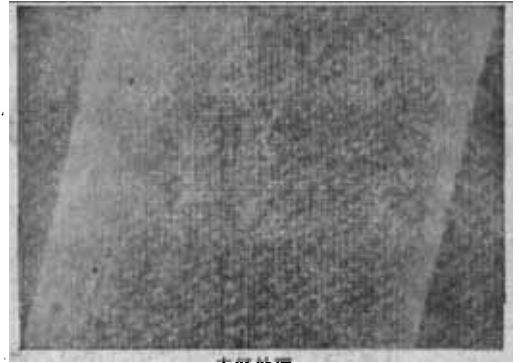
织物：45×45, 133×72 纯涤府绸。

日本《加工杂志》1979年第3期上的一篇文章认为：纤维表面的凹坑，是由于纺丝时形成的含二氧化钛小孔和加捻织造中纤维受到的损伤，在碱水解时成为反应的中心，并不断扩大造成的。近两年我国发表的一些文章大多附和这种说法。

为验证这说法，作者将西德 Enke 公司生产的未经消光处理的有光聚酯长丝，用20克/升氢氧化钠溶液煮沸60分钟后晾干，再用扫描电子显微镜摄片。从摄出的照片看，碱处理后的有光聚酯长丝也有较多的凹坑，而未经碱处理的则没有这种现象(见图2)。说明聚酯纤维碱处理时形成凹坑的主要原因，不在于纤维内的二氧化钛消光剂。照片上纤维表面也没有加捻时受损伤的痕迹，所以纤维表面的凹坑也不是加捻时产生的损伤引起的。

作者认为：碱水解反应不均匀的主要原因是聚酯纤维分子链段堆砌形式和各曝露基团能量上的差异。从红外吸收光谱测定的结果看：在室温下，聚酯结构中的酯基、苯环和亚甲基就能作相应的振动和摆动；而在高于纤维玻璃化温度时，聚酯结构中的酯基与苯环、酯基和亚甲基以及亚甲基之间，在非晶区都能产生转动和振动。各基团转动和振动的综合结果，便引起分子链段的运动。

在相同的温度、压力条件下，聚酯纤维上各基团的能量是不等的，它们运动所需克服的能垒也是有差异的，因此碱处理时纤维各



未经处理



碱处理后

图2 有光聚酯长丝碱处理前后比较(×4000)

细度 45旦；18根/单丝；捻向S；8~10捻/10厘米。

部分分子链段运动产生的缝隙量也不相同。这样，就使得有较高能量的  $\text{OH}^-$  和酯基，按适当取向产生的有效碰撞，在纤维的表面不能分布均匀，碱水解反应在有些部分进行得较激烈，有些部分进行得较和缓，开始微小的差异，随着反应的进行而增大，就使聚酯纤维在截面变细的同时，在纤维的表面产生了众多的凹坑。

### 三、碱水解加工对织物性能的影响

#### 1. 对织物手感的影响

聚酯纤维是在熔融态下纺制的，由熔融态冷却下来的聚酯束，受表面张力的作用，会在纤维的外表形成一较硬的外壳。外壳层的最紧密处，一般在距纤维最外表面约10微米的地方。

碱减量加工能削薄纤维的硬壳层，使纤维的刚性减弱，柔性增加。其次，碱处理在

纤维表面蚀出的凹坑,可能还具有“蛇皮管效应”(即用坚硬的金属片缠卷成具有缝隙的蛇皮管时,可以弯曲扭转的效应)。故纤维表面有较多的凹坑后,将变得更柔顺,因此碱减量后织物的手感比碱减量前柔软。

碱水解能减小聚酯纤维的细度,如精练去掉丝织物中的丝胶一样,在织物的交织点间形成空隙。织物在产生相对滑移时,纱线间的牵扯力减弱,织物手感变得滑爽。

## 2. 对织物染色性能的影响

用高、中、低三种温型的分散染料在热溶染色试样机上,同时染减量前后的织物,结果减量后织物的色泽都比未减量的浅。但用二甲基甲酰胺萃取染色织物上的染料,再用分光光度计测定萃取液光密度值,计算得到的上染率值都是减量后的高。如福龙黄 BL-SE 的上染率,减量前是 83.29%,减量后是 84.34%;分散蓝 HGL 的上染率,减量前是 88.55%,减量后是 89.43%。

减量后织物的实际上染率不低而外观色泽反而较浅,可能由以下原因造成:(1)碱减量后织物的密度减小,单位面积的纤维量减少,浸轧染液时单位面积内织物吸附的染料量少,染色后单位面积上的染料分子数目也减少。这样,当白光照射到同面积织物上时,能量与染料分子轨道上电子能级跃迁所需能量相等的某一特定波长的光子就被吸得少,因而织物所呈现的被吸收光的补色就弱,织物外观色泽就浅。(2)减量后织物比减量前织物占有更大的单位重量表面积,浸轧染液时将带有更多的轧染液,所以减量后织物的实际上染率较高。(3)碱减量处理在纤维表面产生了凹坑,使纤维的表面光洁度下降,织物对外来光的漫反射增加,也会引起色浅感。

## 3. 对织物积聚静电效应的影响

各种纤维的最大带电量是接近相等的,但各种纤维的静电效应差异却较大。织物静电效应的强弱,主要由织物衰减静电荷的能

力所决定,织物衰减静电荷的能力则与织物的表面比电阻成反比。

各种纤维的表面比电阻和介电常数,在湿度很低的环境中很接近,但在相对湿度 65% 的一般环境中,则呈现出较大的差别。羊毛、棉、麻等亲水性纤维能吸附较多的水分子,而聚酯、氯纶等疏水性纤维只能吸附少量的水分子。水本身并不导电,但它的介电常数是 80,比一般纤维的介电常数大十多倍,只要混入微量的杂质,水就具有导电性。所以,在相对湿度 65% 的一般环境中,亲水性纤维的介电常数较大,表面比电阻较小;而聚酯等疏水性纤维的介电常数和表面比电阻仍和湿度低时差不多。

碱减量处理没有改变聚酯纤维的分子结构,所以对纤维的亲水性和衰减静电荷能力影响不大,但碱减量后纤维物理形态的变化,是会影响织物积聚静电荷能力的。

其一:碱水解处理使纤维的细度减小,织物交织点间产生空隙,织物纱线滑移时摩擦小,摩擦产生的静电荷减少。

其二:碱水解处理在纤维的表面蚀出许多凹坑,增大了纤维表面的不平度,织物相对滑移时摩擦力增大,积聚的静电荷增多。

为了考察这两种影响哪一种占主导地位,用 LFY-4A 摩擦式静电仪和 LFY-4B 感应式静电仪,测定了涤棉纬长丝织物碱减量前后的静电压和半衰期值,得到的结果见下表。

碱减量对织物积聚静电效应的影响

项 目	LFY-4A 静电仪		LFY-4B 静电仪	
	静电压 (伏)	半衰期 (秒)	静电压 (伏)	半衰期 (秒)
织物减量前	280	5	720	3.5
织物减量后	100	2.5	690	3

测试条件:温度 23℃,湿度 57%,减量率 15%。

织物:经向 45 支涤棉(65/35)混纺纱,纬向 68 旦涤纶长丝,经纬密度 112×72。

LFY-4A 摩擦式静电仪测出的静电压,最能反映纤维表面形态的变化对织物积聚静

电效应的影响。从上表的数值可看出，第一种影响占主导地位，故碱减量加工能减弱织物积聚静电荷的能力。

4. 对织物强力的影响

由于纤维表面出现了较多的凹坑，增加了应力在单丝内分布的不均匀性，所以碱减量增加会降低织物的强力。要进行碱减量加工，就无法避免织物强力的下降，但只要把强力下降量控制在一定范围内，对织物服用性能的影响不大。

四、碱水解后织物减量率的确定

减量率的大小，对仿丝绸织物的性能影响很大。织物的柔软性、透气量随着减量率的提高而增大，而强力和回弹性则随着减量率的提高而减小。从触摸减量后织物得到的感觉看，减量率低于10%时，织物呈现的柔软滑爽感不明显，而减量率过大后，不但织物的强力损失严重，而且还将失去应有的身骨。所以，仿丝绸织物的减量率，须控制在既不过多影响织物的强力，又使织物获得柔软滑爽感的恰当范围内，这一范围可用以下两种方法确定：

1. 先做一系列实验，作出织物强力与减量率的关系图。对某一特定织物，规定一纬向最低强力，可把最大减量率选择在临近最低强力的某一点上，而把最小减量率确定在使织物获得明显柔软滑爽感的减量率上。

2. 测定出坯布强力，作出织物强力损失与减量率的关系图(图3)。最小减量率确定为10%，而最大减量率选择在使织物强力损失30%以下。从图3看，当织物的减量率大于18.5%时，强力损失要超过30%，所以涤棉纬长丝织物的最大减量率应低于18.5%。

五、影响减量率的因素

要获得高质量的仿丝绸织物，必须提高织物减量的均匀性，严格控制影响减量率的因素。下面讨论影响减量率的一些主要因素。

1. 碱液浓度：提高处理浴的氢氧化钠浓度，可增多反应体系中高能量的OH<sup>-</sup>数目，从而增大聚酯分子与OH<sup>-</sup>产生有效碰撞的几率。在其他条件不变的情况下，织物减量率随着碱液浓度的提高而增大(见图1)。在连续加工中，织物浸轧碱液时的轧余率大小，影响织物带碱量，因而也影响织物减量率。织物的减量率随轧余率的提高而增大。

2. 温度：升高碱处理的温度，能提高溶液中各OH<sup>-</sup>和聚酯分子上各基团的能量，从而提高氢氧化钠的利用率，使原来无反应能力的低能量分子，也能激发出高于碱水解反应活化能的能量。所以，在一定的条件下，织物的减量率随着温度的提高而增大(见图4)。

3. 时间：延长碱水解反应的时间，能使碱水解反应进行得更完全。但在织物带碱量

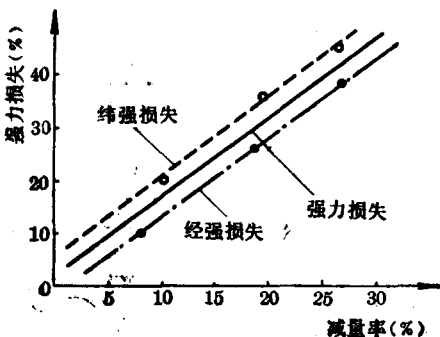


图3 减量率与强力损失的关系

织物：经向45支涤棉(65/35)混纺纱，纬向68旦涤纶长丝，经纬密度100×100。

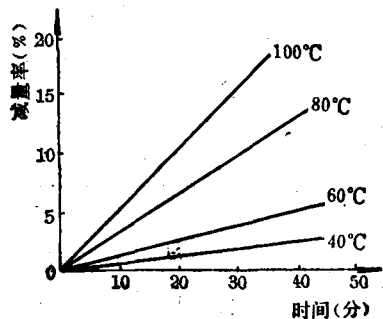


图4 温度、时间与减量率的关系 (试验所用的织物同图3)

有限的连续加工中，当反应进行了一定的时间后，反应体系趋于平衡，这时再延长时间也无法提高减量率（见图5），徒然增多热能的消耗。一般连续轧蒸法，汽蒸45分钟就基本上达到平衡。

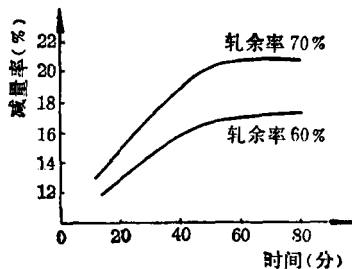


图5 轧蒸法中汽蒸时间与减量率的关系  
(试验所用的织物同图3)

织物的减量率，还受织物前处理各化学药剂作用程度、纤维纤度和截面形状、热定形的温度、张力、超喂量等因素的影响。在碱液中加入某些阳离子表面活性剂，也能加速碱水解反应，提高氢氧化钠的利用率，这些问题已有专文论述，在此不赘述。

## 六、聚酯织物碱减量加工工艺

聚酯织物的碱水解或碱减量加工可采用吊练、轧卷等间歇式加工，也可采用浸轧焙烘、浸轧汽蒸等连续加工。间歇式加工时，织物基本上处于松弛状态，加工后的织物手感较好，变换品种较方便，但它的生产效率低，大批量生产时批间均匀性难以控制，仅适宜于小批量多品种的加工。连续式加工的生产效率高，大批量加工时批间均匀性较好，其中的轧蒸法织物处在比较松弛的状态，加工后的织物手感并不比用间歇式的逊色。轧蒸法碱减量加工的工艺流程是：

浸轧碱液→汽蒸(90~98℃, 45分钟)→温水洗(60~80℃)→醋酸中和→冷水洗→烘干。

精练能去除织物表面的油剂和浆料，有利于碱与聚酯纤维的作用。定形能使织物平挺，碱减量加工放在定形后，均匀性较好，因此，碱减量加工以放在练漂及定形之后为宜。