

羊毛超卷曲加工方法的探讨

王 群 孔繁超

(天津纺织工学院)

【摘要】 羊毛的超卷曲加工方法适合具有双侧结构的细羊毛，主要包括碱液增卷法和拉伸-松弛法。本文依据羊毛正、副皮质在组织结构和化学性质上的差异阐述了两种方法的卷曲加工机理，并探讨了这两种方法在实际生产中的可行性。

羊毛纤维的卷曲是羊毛的重要品质特征，与纺织加工工艺和产品质量间存在着较为密切的关系。卷曲少的羊毛，成条困难，落毛率增加。卷曲度和卷曲形态影响毛纱的柔软性、弹性和直径。由于羊毛一般都具有天然卷曲，所以目前对羊毛卷曲加工的研究还远不如对合成纤维卷曲加工研究的多。羊毛的卷曲加工方法依据羊毛有无双侧结构可分为两大类，即超卷曲加工和折叠卷曲加工。羊毛的超卷曲加工是指羊毛纤维在纤维膨化剂的协助下，通过化学的或机械的作用，在原有卷曲的基础上，产生进一步卷曲的方法，主要包括碱液增卷法和拉伸-松弛法。

一、实 验

1. 样品的选取和预处理

实验选用48°澳毛(低卷曲羊毛)，具有双侧结构。样品预处理采用Harrap和Gillespie^[1]提供的方法。实验过程中均使用无离子水。预处理后的试样采用生物染色素亚甲基蓝作着色剂，在规定条件下染色^[2]。

2. 碱液增卷法

为便于观察碱液处理羊毛出现的各种现象，实验中选用一只120ml的烧杯，注入100ml左右的2%NaOH溶液，温度控制在30℃左右。用一个小金属夹，夹持一根羊毛的一端，然后将其投入NaOH溶液中，羊毛纤维将竖立在NaOH溶液中。透过烧杯将依次观察到羊毛纤维两次出现卷曲消失和螺旋型卷曲现象(见图1)。图2是出现各种现象时纤维的双侧状态示意图。

将预处理后的羊毛纤维在室温无离子水中浸30分钟，然后在60℃的0.1mol NaHSO₃溶液中浸30分钟，取出水洗30分钟，再浸入2%NaOH溶液中20分钟，温度控制在20~25℃，取出水洗5小时，风干待测。

3. 拉伸-松弛法

从预处理后的试样中取一束羊毛纤维，使其一端整齐，用夹子把纤维束两端固定。在室温下，将其浸入0.1mol的NaHSO₃溶液中5分钟，取出纤维束，夹持两端拉伸30%，立即松弛，然后在95℃蒸汽中定型5分钟，取出

用无离子水漂洗数次，最后一次清漂30分钟，45℃热风烘干。处理前后的卷曲情况如图3所示。

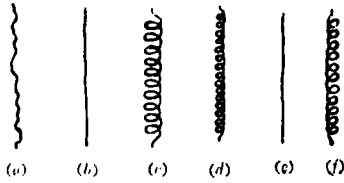


图1 羊毛纤维在NaOH溶液中出现的各种现象

4. 卷曲及拉伸特性的测试

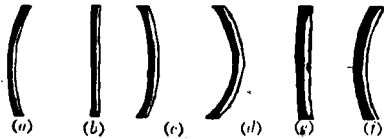


图2 出现各种状态时纤维的双侧状态

卷曲特性在YG-

361型卷曲弹性仪上测试，夹持距离为25mm，轻负荷为14mg，重负荷为700mg， $t_1 = 2$ 分钟， $t_2 = 0.5$ 分钟。测试结果见表1。

羊毛纤维的拉伸特性在YG-001型单纤维电子强力仪上测试，预测张力为 6.86×10^{-3} N，拉伸速度为8mm/min，夹持距离为15mm，测试结果列于表2。

2. 所有测试均在恒温恒湿条件下进行。

表1 羊毛的卷曲特性

指标	碱液增卷法			拉伸-松弛法		
	处理前	处理后	变化(%)	处理前	处理后	变化(%)
卷曲数(个/cm)	1.68	2.64	57.1	1.68	2.96	76.2
卷曲率(%)	4.19	8.66	106.7	4.19	7.57	80.7
剩余卷曲率(%)	4.17	3.95	5.3	4.17	6.03	6.3
卷曲弹性率(%)	90.3	48.4	46.4	90.3	84.6	44.6

二、结果与分析

细羊毛的皮质层包括正皮质和副皮质两个主要部分，副皮质细胞中，微原纤的排列比正

表2 羊毛纤维的拉伸特性

指标	碱液增卷法			拉伸-松弛法		
	处理前	处理后	变化(%)	处理前	处理后	变化(%)
断裂强力(N/mm ²)	233.2	194.0	16.8	233.2	223.5	4.2
断裂伸长率(%)	44.9	53.1	18.3	44.9	40.3	10.2
杨氏模量(N/mm ²)	3247	3053	6.0	3248	3122	3.8

皮质细胞中排列疏松，所含有的基质比例比正皮质细胞中多，微原纤-基质结构的规则性也比正皮质高。而且副皮质的含硫量也显著高于正皮质。正、副皮质中微原纤-基质的性质稳定，而细胞膜复合物CMC的细胞间质是非角朊蛋白质，含有丰富的极性基团和亲水性基团，性质很不稳定，而且在正副皮质中有不均匀的双侧分布，正皮质比副皮质含有较多的具有反应性的极性基团，它为水分子或其他分子、离子提供了渗透的渠道和吸附的场所。这导致了正皮质在水溶液中优先膨胀，并且耐碱性能差。

1. 碱液增卷法

由于正副皮质在微结构和反应性上的差异，正皮质在水溶液中，特别是在碱性水溶液中优先膨胀。因此，当羊毛纤维浸在NaOH溶液中时，由于正皮质细胞的不断膨胀，正皮质内应力不断增加，使羊毛纤维的卷曲被拉直，并且反向拉弯，出现了卷曲消失(图1b)和卷曲反转(图1c,d)现象。然而，由于正皮质的耐碱性较差，此时正皮质的微结构在一定程度上受到破坏。这使得正皮质的内应力开始逐渐减小，并且最终出现反向差值，这导致了卷曲的第二次消失(图1e)，并且第二次产生卷曲反转(图1f)。

实验中发现，在室温下，当NaOH的浓度较小(如小于0.5%)时，第一次反转可逆；当NaOH浓度较大(如大于1%)时，第一次反转不可逆。而第二次反转都是不可逆的。这是由于产生可逆的第一次反转时，正皮质细胞

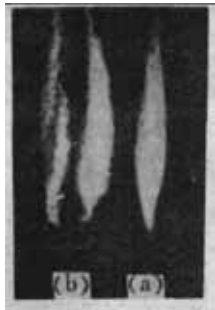


图3 拉伸-松弛处理前后的卷曲

a-处理前；
b-处理后。

仅产生了膨胀，产生不可逆的第一次反转时，正皮质的微结构已有轻微的伤害，而在第二次反转时，正皮质已严重腐蚀，纤维强力损失殆尽，当然反转不可逆。试验证实了碱液增卷法，只有在产生不可逆的第一次反转时，才是最佳的时机。实验中采用的碱液处理条件正是满足这一要求。

碱液增卷法的机理如图4、5所示。图4表示未经NaOH处理的羊毛理论卷曲模型；图5是经过NaOH处理，出现不可逆的第一次反转，且螺旋半径较小时的卷曲模型。图4、5中两条黑线内的螺旋线长度相同，由于螺旋半径缩小，在一定长度上螺旋圈数增加，而每一圈对应一个卷曲波形。这就是碱液处理羊毛卷曲增加的原因。

利用NaHSO₃对角朊纤维的开链作用，可达到软化纤维的目的。NaHSO₃在不同浓度时，作用效果不同，但当浓度大于0.1 mol，

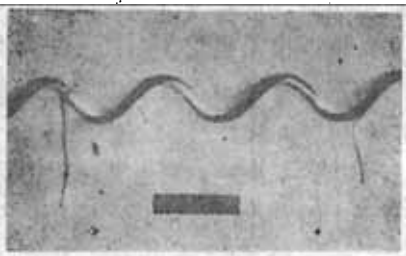


图4 羊毛卷曲模型

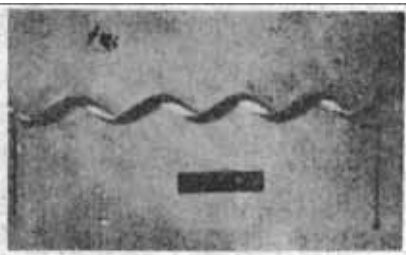


图5 不可逆的第一次反转卷曲模型

对纤维的软化能力变化不大^[4]。故实验中选用0.1 mol NaHSO₃溶液。

碱液增卷法测试结果由表1、2看出，卷曲数和卷曲率有显著提高，尤其是卷曲率达到了8.66%，提高106.7%，这能有效地增大纤维之间的抱合力，提高可纺性和细纱的品质指标，并能增大细纱的沸水收缩率，使织物在高温染色时产生收缩，外观比较蓬松，单位面积重量增加。但是可以看出，纤维的强力下降了16.8%，卷曲弹性率降低了46.4%，说明碱

液增卷法对纤维有较大的损伤，卷曲弹性也很差，这严重恶化了纤维和成品的品质质量；实际生产中不宜采用。

2. 拉伸-松弛法

拉伸-松弛法形成卷曲的机理如图6所示。

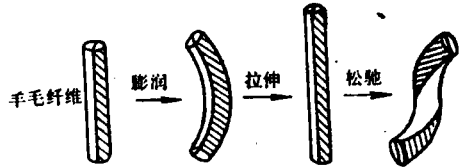


图6 具有双侧结构的羊毛纤维拉伸-松弛形成卷曲的示意图

处于右侧的正皮质，首先膨化、溶胀，致使纤维向右弯曲。由于正皮质的优先膨胀和两种皮质的组织结构差异，当施加拉伸外力时，正副皮质产生不同性质的变形，使松弛后正副皮质形成内应力差异，导致整根纤维产生扭曲，形成螺旋状卷曲。

拉伸-松弛法测试结果由表1、2看出，卷曲数和卷曲率都有显著提高，卷曲弹性和卷曲稳定性好，断裂强力仅降低4.2%，其原因主要是被还原的二硫键没有完全再氧化。

在实际生产中，拉伸-松弛法卷曲加工能增加纤维的抱合力，提高可纺性，改善纤维的弹性和纤维集合体的膨松性，使织物柔软丰满，具有良好的抗皱性和保暖性。对提高生产效率和产品质量，有效利用羊毛这种珍贵的纺织原料有重要意义。这种加工方法特别适合对毛条进行卷曲加工。

三、结束语

羊毛的超卷曲加工是利用细羊毛的双侧结构的差异进行卷曲加工的方法，它的意义不仅在于超卷曲加工方法本身，还在于启发我们对于不具有双侧结构的粗羊毛和其他兽毛的毛发要达到增加卷曲、提高卷曲率的目的，必须寻求新的卷曲加工方法——折叠卷曲加工。

参 考 资 料

[1] <J. Biol. Sci.>, 16, 542~557(1963).
 [2] <毛纺科技>, 1978, №3, p40.
 [3] 孔繁超等, <毛织物新型增光剂的研究>, p.39, 天津纺织工学院, 1988.