

氨纶纤维的结构和弹性特点与氨纶 经编弹力织物染整加工的关系

范雪荣 周金云

(无锡轻工业学院)

【摘要】 本文分析了氨纶纤维的结构和弹性特点与氨纶经编弹力织物染整加工的关系,对氨纶经编织物连续溶剂煮练的原理和设备,氨纶/锦纶、氨纶/涤纶交织经编织物的染色作了较为详细的讨论。

氨纶与锦纶或涤纶交织经编弹力织物(氨纶比例一般为18%)具有优越的服用性能,穿着无束缚感、压迫感和松弛感。由于氨纶的特殊物理化学结构和弹性特点,使氨纶弹力织物的染整加工和普通针织物有所不同^[1],目前氨纶经编弹力织物的生产一般采用如下工艺流程:毛坯→缝头→溶剂煮练(松弛预缩)→预定形→ $\left\{ \begin{array}{l} \text{染色} \\ \text{漂白或增白} \end{array} \right.$ →柔软处理→脱水→复定形(烘干)→检验→成品。

一、氨纶纤维的弹性特点与染整加工的关系

氨纶是软硬链段嵌段共聚物^[2],软链段是不具结晶性分子量较大的低熔点(熔点在50℃以下)聚酯或聚醚长链,组成纤维的无定形区段,分子量2000~4000, T_g低(-50~-70℃),常温下处于高弹态,分子链卷曲,应力作用下很容易产生形变,赋予纤维容易被拉长的特征;硬链段由能形成氢键易生成结晶结构或能产生横向交联的芳香族二异氰酸酯和链增长剂组成,具有高度对称性,通过相邻分子链中的氨基甲酸酯基和脲基之间形成的 $\left\langle \begin{array}{l} \text{NH} \cdots \text{O} = \text{C} \\ \text{氢键} \end{array} \right\rangle$ 构成了纤维的结晶区段,硬段长度较短,分子量500~700,熔点和T_g高,软化与熔融范围为230~260℃,在应力作用下基本不发生形变,防止了大分子链间发生滑移,为软链段的

大幅度伸长和回弹提供了必要的结点条件,赋予纤维一定强度,并保证了弹性纤维的热性能。正是这种高熔点硬段与低熔点长链软段嵌段共聚的特殊结构,使氨纶纤维具有高超的弹性和足够的强度。

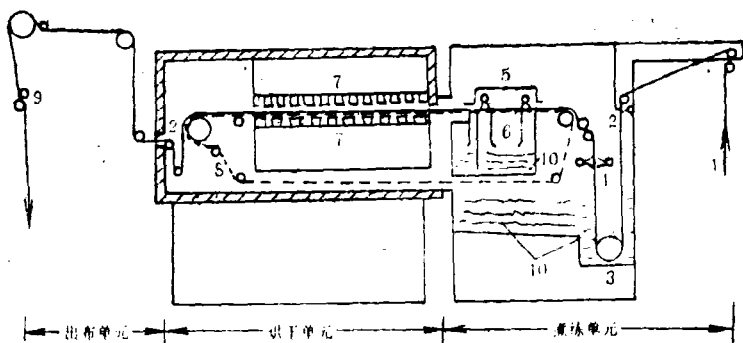
在整经和织造过程中,氨纶虽然采用积极送纱,但仍受较大张力,被拉伸伸长。氨纶的弹性回复率虽然很高,但弹性形变中有相当一部分是缓弹形变,只有时间足够长才能充分回复,而且氨纶的弹性模量小,回弹力很小,处于织物中的氨纶的回复还受到周围其他纤维的阻碍,织造完成后,虽然张力显著减弱,但氨纶在织物组织中还残留较大剩余应力,且各部分应力有可能不均衡,使坯布长度和平方米克重发生变化,坯布在无张力下存放时间越长,湿度越大,温度越高,这种变化越大,织物的这种持续收缩倾向还会形成永久折痕,因此氨纶弹力织物毛坯布应卷装存放,时间不宜过长,否则容易形成皱纹。同时必须在染色前先进行松弛预缩,使织物充分回缩,消除内部剩余应力,否则这种应力会使织物结构变形,特别是光洁表面织物。氨纶弹力织物在染整加工中也会受到各种应力作用,被拉伸后的氨纶同样难以瞬时回复,加工后的织物在贮存过程中也会随着贮存时间的延长,门幅变窄,长度缩短,特别是组织紧密的织物更显著,所以,氨纶弹力织物在染整时必须尽量松式加工,减少织物伸长。

松弛预缩一般采用热水处理或蒸汽松弛法，国外因考虑污染，也较多采用这些方法。热水松弛可在 Q113 绳染机、常温常压溢流染机或低张力平洗机中 60~95℃ 下处理，同时可加入洗涤剂洗去在氨纶和锦纶纺丝过程中加上的油剂以及弹力织物织造过程中沾污的污渍。蒸汽松弛是在汽蒸台板或拉幅机上松弛状态下汽蒸，通过控制蒸汽量、超喂量和拉幅针板的宽度使织物得到较大收缩。虽然这些方法设备、工艺简单，但很难使有高回缩势能的弹力织物完全松弛，不能获得满意效果，而且蒸汽松弛不能与预洗涤合并，松弛后还得进行洗涤。热水处理虽能与预洗涤同时进行，但氨纶在纺丝时为减少高粘附倾向和保证光滑性良好加有 5~13% 油剂，这些油剂用普通洗涤剂在水中不易完全洗净，洗下的油剂可能再沾污，纤维上残余或再沾污的油剂在染色时影响染料上染，染色均匀性和湿牢度、摩擦牢度。

理想的松弛预缩是溶剂煮练(干洗)，它用 CCl₄ 溶剂在密封设备中连续进行。CCl₄ 为非极性溶剂，能渗透到氨纶纤维内部，舒解氨纶大分子链之间的部分作用力，使内应力彻底松弛，织物完全回缩，同时，CCl₄ 也是氨纶、锦纶和涤纶等纤维上油剂的优良溶剂，能把油剂彻底溶解洗掉但不损伤纤维，这种效果是用洗涤剂在水中洗涤达不到的。

溶剂煮练采用意大利 Sperotto Rimar 公司的“NOVA COMPACT”连续溶剂煮练机(见图)，它由煮练单元、烘干单元和出布单元组成，织物平幅进布后先在 CCl₄ 浸渍槽中浸渍，垂直出浸渍槽后在织物左右两面各有一个可调压力的高压喷嘴向织物两面喷射溶剂，并穿透织物，然后进入导带，在导带前部上方还有两个可调压力的高压喷嘴，将大量溶剂喷到织物上，下面的抽吸装置将溶剂抽吸过织物，这样不仅可以去除油剂和织物表面沾污的一般污渍，也能去除吸附牢固的污渍如斑渍、条纹渍，整个煮练系统溶剂逆流确保了煮练效果。然后织物进行烘干，烘干采用上喷下吸热空气循环，这种方式在保证织物有效烘干的同时还可使卷边展开，织物平整，整个烘干过程织物始终处于松弛自由状态，在导带的振动作用下达到最佳松弛和回缩。煮练机的进出布处采用新型封口装置，处理后的溶剂通过薄膜蒸发/浓缩装置回收，油剂残渣不含溶剂和水，防止了溶剂蒸汽和油剂残渣的污染。该设备使用表明，油剂去除彻底，染色效果好，特别是黑色。同时由于松弛充分，织物稳定性好，生产效率高。但设备价格昂贵，溶剂实际消耗量达到织物重的 5%。

氨纶弹力织物松弛预缩后染色前要预定形，一方面控制织物克重和门幅，稳定织物尺寸，另一方面消除布面折痕和卷边，防止后续湿热处理中再产生折痕和卷边及织物进一步收缩，使织物有较好的弹性和得量(m²/kg)。氨纶热定形的基础是硬链段间由氢键形成的结晶通过热定形时的高温 and 拉伸作用改造和重建。



NOVA COMPACT 连续溶剂煮练机示意图

- 1-织物，2-进出布口封口，3-CCl₄ 浸渍槽，4-高压可调喷嘴，
- 5-导带前部高压可调喷嘴，6-抽吸装置，7-上喷下吸热空气循环系统，8-导带，9-摆布装置，10-溶剂。

二、氨纶纤维的结构和染整加工的关系

1. 耐氯性能

许多资料都介绍聚酯型氨纶

是耐氯的；实际上，除耐氯氨纶外无论是聚酯型氨纶还是聚醚型氨纶都不耐氯，只是聚酯型耐氯性稍好一些，这是氨纶的分子结构决定的。从分子结构上看，聚酯型氨纶和聚醚型氨纶同蚕丝、羊毛和锦纶一样都有特征基团

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{NH}- \end{array}$$
，都会受到有效氯攻击生成氯-氮化合物。它是有色物质，容易发生分子链断裂，使纤维泛黄、强度降低、弹性失去，所以氨纶不能用 NaClO 漂白，但可用 H_2O_2 、 NaHSO_3 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 、偏亚硫酸钠漂白或荧光增白剂增白。

2. 染色性能

氨纶品种较多，有些品种能染色，有些不能染色，能染色氨纶的染色性能与锦纶相似，对许多染料有亲和力，可用酸性、中性、媒介、分散染料染色，但主要是酸性染料和分散染料。

(1) 氨纶与涤纶交织经编弹力织物的染色
这种织物一般用分散染料染色，但染色温度不能超过 100°C ，否则会损伤氨纶。如弹性损失，织物性能改变(除耐高温氨纶外)，应选用快速扩散型分散染料。氨纶大分子极性较小，结构较聚酯纤维疏松， T_g 低，如聚酯型氨纶为 $25\sim 45^\circ\text{C}$ ^[2]，用分散染料沸染可获得较好的上染、透染效果。染色方法可选用常温常压一浴法或载体一浴法。

常温常压法染色只能染浅色，且同色性和色牢度较差。因为染色温度低，分散染料在涤纶上的上染速率和上染率很低，颜色很浅，而氨纶的结构疏松，分散染料向氨纶纤维内的扩散比向聚酯纤维内快，上染速率快，上染率较高，比涤纶得色深，只有仔细筛选染料方能得到较好的同色性。载体法适用于染深色织物，且同色性较好，如载体 OP 能增强染料在涤纶上的上染能力，提高上染速率，染得较深的颜色。同时由于染料的扩散能力增强，也能提高织物的湿牢度。缺点是载体的污染和毒性，因为许多载体能使氨纶降解、强力降低，必须对载体进行选择。一浴法工艺简单，分散染料在涤纶

上有良好的耐洗牢度和耐光牢度，但同样由于氨纶结构疏松的原因，分散染料在氨纶上的耐洗牢度不理想，特别在染深色时很低，使深色产品和需要良好耐洗牢度的产品如游泳衣受到限制，染色时染色时间应延长至 2 小时左右，以提高扩散效果和色牢度。

对于湿牢度要求比较高的产品可采用分散/酸性(中性、媒介)染料两浴法染色，涤纶用分散染料先在有或无载体的第一浴中染色，然后对织物还原煮练，去除氨纶上的大多数分散染料，再在第二浴中根据色牢度要求和织物的最终用途，选用优选的酸性、中性或媒介染料染氨纶。两浴法染色同色性很好，缺点是流程较长。

(2) 氨纶与锦纶交织经编弹力织物的染色
分散染料使用简便，虽然在氨纶和锦纶上的分配比随染料而异，但对染料优选后能得到良好的同色性。主要缺点是湿牢度低，只适用于湿牢度要求不高的产品和浅中色产品。

多数媒介染料在氨纶和锦纶上的湿牢度佳，同色性好，但染色工艺复杂，色光萎暗，只用于黑棕等深色。

酸性染料色谱齐全，色泽鲜艳，染色方法简单，能对氨纶和锦纶良好染色，耐光牢度和耐洗牢度优于同色泽的分散染料，大多数酸性染料在浅中色范围内能得到满意的湿处理牢度，在氨纶/锦纶交织物的染色中用得较多。但氨纶的结构没有锦纶紧密，染料与氨纶纤维的结合没有聚酰胺纤维牢固，所以酸性染料在氨纶上的湿牢度低于锦纶，色泽愈深，这种现象愈严重，所以深色产品难以获得理想的湿牢度，对湿牢度要求高的产品如游泳衣也不能满足要求。染色时使氨纶与锦纶具有相同色调，氨纶色泽稍浅些可减轻这一现象，对深色产品和湿牢度要求较高的产品最好用单宁酸和吐酒石两浴法固色处理，但固色会使色泽变暗，耐光牢度也略有降低。对酸性染料进行筛选，避免使用湿牢度差的染料也能减轻这一现象。当交织物中氨纶含量低时，许多染料还是能达到

牢度标准。

酸性染料染色的主要缺点是同色色差^[3]，交织物中弹性纤维比例越高，出现颜色差异的可能性越大。虽然许多因素如纤维原料比例、织物组织结构、染料种类和染色深度、染色助剂都会影响氨纶/锦纶交织物的色泽一致性，但主要是酸性染料在锦纶和氨纶纤维上的上染速率差异所致。酸性染料对氨纶纤维的亲合力比锦纶纤维低得多^[4]，在锦纶纤维上的上染速率比在氨纶纤维上快，这样在酸性染料同浴染色时，发生了强烈竞染现象，绝大部分染料被锦纶抢走，氨纶丝色浅现象十分严重，锦纶色调始终比氨纶深，而且锦纶 6 比锦纶 66 得色还要深些。另外，不同型号的氨纶纤维染色性能不同，不同的染料在两种纤维上的分配比也是不同的。虽然编织时氨纶一般在后梳，由前梳的锦纶所覆盖，但当拉伸时或多或少暴露出来，出现颜色差异，影响产品质量。为使氨纶和锦纶交织物染成同一色泽，首先必须筛选染料，选用在两种纤维上分配比接近的染料，调节染色 pH 也能缩小氨纶和锦纶的颜色差异^[5]，较高的染色 pH 有利于染料在氨纶上上染。一般在加染料之前先用硫酸氨和氨水把

pH 调到 8.5~9.0，酸性染料优先上染氨纶。随着染浴温度的升高，pH 值逐渐偏向酸性，染料逐渐在锦纶上上染；在染浴中添加适量阴离子或非离子匀染剂如 Triton X-400 也能提高其色泽一致性，阴离子助剂使锦纶纤维缓染，非离子助剂可与染料生成更均匀上染的染料助剂复合物。在酸性染料中拼混少量分散染料也能减轻这一现象，但需注意分散染料用量不宜过多。

中性染料的染色方法较媒介染料简单，湿牢度和同色性好于酸性染料，但匀染性较差，色光萎暗，除用于染黑色外，最好不单独使用，但可与酸性染料拼染，以提高其湿牢度和同色性。

参 考 资 料

- [1] «Kettenwirk Praxis», 1992, Vol. 26, No. 1, p.19~23.
- [2] 张书绅等译, «合成纤维»(上册), p. 353~377, 纺织工业出版社, 1987 年。
- [3] «Melliand Textilberichte», 1992, Vol. 73, No.5, p. 423~427.
- [4] 张书绅等译, «合成纤维»(下册), p.38, 纺织工业出版社, 1988 年。
- [5] 王家昭等编, «氨纶弹力丝生产及其应用», p. 244~245, 纺织工业出版社, 1989 年。

《纺织学报》第五届编辑委员会名单

名誉主任委员: 陈受之 钱宝钧

主任委员: 丁力

副主任委员: 范翔 戴淑清 严灏景 刘恒琦 潘正中

委员: (以姓氏笔划为序)

丁辛	万德明	王守平	王德膜	孙文秋	东向阳
朱振宏	李世娟	李妙福	邱冠雄	陆锦昌	张应学
郝锦芳	姜怀	姚穆	顾淞	钱布平	徐南安
徐伟星	梁嘉华	黄关从	屠仁溥	谢城崧	蒲宗耀
蔡黎明	谭锦民	谭荔芸			