

靛蓝纱线连续轧染的实践

李江永

(深圳市纺织工业公司)

【摘要】 靛蓝纱线连续轧染工艺中最重要的工艺参数是补给液浓度和补给液流量。本文提出了确定这两个参数的方法,实践证明是可行的、正确的。本文还提供了快速测定染槽组分浓度的方法及达到稳态所需时间的估算实例,有助于对整个轧染过程进行正确的控制。

牛仔布是一类极受人们欢迎的织物,它的制造过程是先用靛蓝染料对经纱染色,然后织造,再经烧毛、后整理等工序加工而成。为满足织造的需要,通常采用纱线连续轧染的染色方法。由于靛蓝染料必须在碱性溶液中被保险粉还原成为隐色体,才能上染棉纤维。并且隐色体对棉纤维的亲合力低,扩散渗透力也较差,因此在连续轧染纱线时,需使纱线在浓度较低的轧液中经多次浸轧、透风(氧化),才能染得较透和得到较深色泽,使得靛蓝连续染纱机均由若干个染缸和轧车顺序排列组成。常用的设备有染浆联合机(或称冷染机、片染机)和绳染机(或称球经染色机)两类。

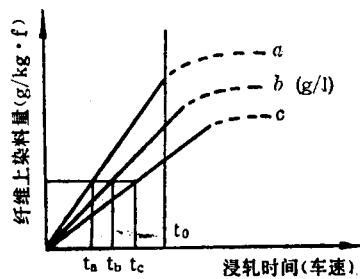
经纱用这两类设备染色,首先要在第一浸轧槽中轧透液,作润湿处理,并洗去部分杂质。再依次进入各染槽,在室温下浸轧、透风,最后水洗烘干。它们的不同处是纱线喂入的形式不同。对于片染机,染前纱线经过整经,若干经轴合并成片状,然后入染、上浆。用绳染机染色,纱线需在染前加工成球经,然后若干个球经的经纱同时以束状入染,染后再行分纱、整经、浆纱。

经纱连续轧染中需要正确控制的主要工艺参数有浸轧次数、浸轧时间(车速)、轧液率、染槽组分浓度、补给液浓度及补给液流量。只有上述参数的正确选择才能确保染色纱线的色泽深度合乎要求(俗称对办);色泽均匀一致,不形成头、中、尾色差。本文拟通过染色原理的分析,结合工厂实践,讨论如何控制工艺参

数,达到上述两个基本要求。

一、浸轧液组分浓度的确定

通常轧液率较少变动。浸轧次数亦受设备限制,不能任意增加。当轧液率固定不变时,所得纱线色泽深浅(以单位重量纤维上的染料量 $g/kg \cdot f$ 表示)与浸轧时间、染槽中隐色体浓度间的关系见下图。



上染过程曲线图

a、b、c 为浓度不同的染浴, $a > b > c$, 用它们分别上染纱线, 只要控制不同的浸轧时间, 都可

使单位重量纤维带上相同重量的染料, 而得到同一个色号。一般而言, 浸轧时间均在几十秒左右, 小于图中 t_0 , 即上染过程是在上染曲线的上升阶段进行的。车速的快慢会造成纱线上染料量的显著变化, 形成色差。对于较浓的染浴更是如此, 通常希望尽量降低染浴浓度, 增加浸轧次数, 既可使纱染得匀透, 又不会因车速或染槽浓度的波动造成明显色差, 使工艺过程较易控制。

由上可知, 车速与染浴浓度的正确匹配是得到预期色泽的关键。

以我厂色号 SF10 为例, 经测定每 kg 该色号纱线含染料量在 15.5~17.5g 之间, 即欲

得到 SF10 色号, 每 kg 纱线 需上染 $16.5 \pm 1g$ 染料。当浸轧次数为 6 次, 轧液率为 0.34, 车速为 23m/min 时, SF10 色号之染浴成分为:

- 隐色体浓度 $1.0 \pm 0.1g/l$
- 烧碱浓度 $4 \pm 1g/l$ (pH 值 12.8~13.2)
- 保险粉浓度 $1.0 \pm 0.3g/l$ (mV 值 不正于 -700)

实践证明, 每次开车时, 将染浴浓度控制在上述数据便可准确达到 SF10 色号的要求。

浴中烧碱与保险粉的作用在于保持隐色体的浓度基本不变; 保持染浴良好的稳定性, 实践表明染浴 pH 值与 mV 值(分别反映了烧碱和保险粉的浓度)可以在较大范围内变动, 不致有明显影响, 数据见表 1。

表 1

保险粉浓度 (g/l)	0.9	1.4	1.9	2.4	2.9	2.9	2.9
烧碱浓度 (g/l)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.5	6.0
mV(饱和甘汞电极)	-677	-715	-728	-737	-740	-750	-758
A(吸光度)	0.088	0.095	0.088	0.088	0.085	0.080	0.080

其中: A 值大小反映了隐色体的浓度, 数据表明在较大的范围内 A 值基本保持不变。

实验还发现烧碱与保险粉浓度的较大变化并不明显影响染浴的稳定性, 用 H_2O_2 滴定染浴, 不断消耗保险粉, 仅当 mV 值正于 -600 mV 时, 染料才明显变为氧化态, 失去良好的上染性能。

诚然, 烧碱和保险粉含量的变化会对染物的色光有较明显的影响, 拟另文讨论。

作为生产控制分析, 要求快速简便, 烧碱、保险粉浓度均能以仪表(pH 计、mV 计)快速反映。隐色体浓度则可按下法测定, 取已知隐色体浓度的染浴一滴于滤纸上, 晾干即成所谓标准样板。测定时, 用滴管吸取深层染浴滴于同样滤纸上, 待染料完全氧化, 滤纸晾干后, 与标准样板对照, 比较色斑颜色深浅和形

状即可判断待测液的隐色体浓度。

二、补给液浓度及补给流量的确定

在纱线连续轧染过程中, 还需不断向轧槽补充一定浓度和一定体积的补给液, 确保染槽中染浴体积不变, 各组分浓度不变, 保持染得纱线色泽不变, 不出现头、中、尾色差。即是要求单位时间所加入的补给液的体积应等于纱线所带走的染液的体积; 所补充的染料量等于纤维带走的染料量。这样, 染槽中染浴的体积和浓度将稳定不变。我们称之为轧染过程达到“稳态”。

根据上述物料平衡原则, 可确定补给液浓度 $C_{补}$ 和补给流量 $V_{补}$:

$$C_{补} = v \cdot w \cdot d / v \cdot w \cdot p = d / p \quad (g/l)$$

$$V_{补} = v \cdot w \cdot p \quad (l/min)$$

其中: v 为车速 (m/min); w 为单位长度纱束的重量 (kg/m); d 为单位重量色纱上所含染料的重量 (g/kg·f); p 为轧液率, 即单位重量纱线经过染槽所带走染液的体积 (l/kg)。

对于 SF10 色号 $d = 16.5g/kg$, $p = 0.34$ l/kg, 代入得:

$$C_{补} = 50g/l$$

$$V_{补} = 0.34 \cdot w \cdot v (l/min)$$

至于 d 、 p 的数值, 我们是按下面的方法测定的。

单位重量纤维上所含染料的测定^[1]: 首先绘制靛蓝染料-浓硫酸溶液的标准工作曲线。测定时, 以浓硫酸溶解烘干恒重的定量色纱, 稀释到一定体积, 测定其光密度, 对照标准曲线, 即可求出。

轧液率测定: 当车速稳定后, 准确记录 t_0 、 t_1 时刻各染槽的液面高度 h_i , 记录在 $t_0 \sim t_1$ 期间内投入补给液的体积 $V(l)$, 则在 $t_0 \sim t_1$ 期间, 纱所带走的染液体积 $= V + S \sum \Delta h_i (l)$ 其中: S 为染槽面积 h_i^2 ; $\Delta h_i = h_{i,t_0} - h_{i,t_1}$ 为各染槽液面高度的变化。

再根据车速, 可算出 $t_0 \sim t_1$ 期间, 所轧染的纱重 $W(kg)$, 则轧液率

$$p = (V + S\Sigma\Delta h_i) / W \quad (l/kg)$$

补给液中烧碱与保险粉的用量见表2。

表 2

	靛蓝	烧碱	保险粉	至水量
重量(kg)	100	138	150	2000升
重量比	1	1.4	1.5	
摩尔比	1	8	2	
浓度(g/l)	50	70	75	

理论认为每摩尔靛蓝需与1摩尔保险粉反应，共消耗6摩尔烧碱。为保持染浴稳定性，后两者还需再过量一些。实测新鲜补给液中碱和保险粉的剩余量，发现它们并不按上述比例反应，而用于生产中的各种配方^[2]，它们的量又各不相同。所以需要进一步研究补给液中烧碱、保险粉的最佳投入量，以确保质量、降低成本。

三、轧染过程的控制

当 $C_{补}$ 、 $V_{补}$ 两个参数正确无误时，按预定车速开车，无论染槽浓度是否偏离正确值，最终都能获得满足色泽要求的纱线。所不同的是，当染槽浓度是正确值时，轧染过程一开始便进入稳态，产品色泽自始至终合乎要求，不出现头尾色差；若染槽浓度不正确，根据上染曲线可知，经过一段时间后，染槽浓度会被调整到正确值，体积与浓度均不再改变而进入稳态，从此以后，色纱线色泽也达到预期值，不再出现头尾色差。实际生产中，染槽浓度总会或多或少偏离正确值，使染物有一段产生色差。操作者的任务，就在于通过调整车速和补给液流量，尽量减少有色差的染物，缩短达到稳态的时间。

下面举例说明估算达到稳态所需时间的方法。

设 p' 为稳态前，对每 kg 纱所添加补给液的体积数 (l/kg)； w 为每米纱重 (如 4250 头 83.3 tex (7^s) OE 纱为 0.36kg/M)，则每分钟补给液带入的染料量为 $C_{补} \cdot v \cdot w \cdot p'$ ，补给液

的体积为 $v \cdot w \cdot p'$ 。 V 为染槽的总体积 (我厂染槽总体积为 $4 \times 10^4 l$)，显然 $V \gg v \cdot w \cdot p'$ 。

又设 d' 为稳态前每 kg 纱所带走的染料克数 (g/kg·f)，则每分钟纱所带走的染料量为 $v \cdot w \cdot d'$ ，那末染槽浓度的变化速率为：

$$\begin{aligned} dC/dt &= (C_{补} \cdot v \cdot w \cdot p' - v \cdot w \cdot d') / (V - v \cdot w \cdot p') \\ &= (C_{补} \cdot v \cdot w \cdot p' - v \cdot w \cdot d') / V \end{aligned}$$

从上染曲线可知， d' 恒为染浴浓度的函数。为简便计，当染浴浓度变化不大时，将 d' 视作常数，并且在计算时以 d 代之，积分上式得：

$$C_t - C_0 = (C_{补} \cdot v \cdot w \cdot p' - v \cdot w \cdot d') t / V$$

C_0 、 C_t 分别为开机及开机后 t 分染槽浓度 (g/l)。

对于 SF10 色号，已知 $C_{补} = 50 g/l$ ， $d = 16.5 g/kg \cdot f$ ， $w = 0.36 kg/M$ ，且设在下列车速时，染槽的正确浓度值为：

车速 (m/min)	21	23	25
浓度 (g/l)	0.85	1.00	1.15

现假定染槽开始浓度为 $1.25 g/l$ ($C_0 = 1.25$)，色泽偏深。若将车速升至 25m/min，并停止补给母液 ($p' = 0$)，则使染槽浓度下降至正确值 (1.15g/l) 所需经历的时间 t 为：

$$t = (C_t - C_0) / [(C_{补} v \cdot w \cdot p' - v \cdot w \cdot d') / V]$$

$$= (1.15 - 1.25) / [(-25 \times 0.36 \times 16.5) / 4 \times 10^4] = 27$$

即开车后 27 分钟进入稳态，此后则应打开补给阀门，令

$$V_{补} = 0.36 \times 25 \times 0.36 = 3.06 (l/min)$$

即可维持稳态，色泽可以符合要求，不再出现色差。

又设开机时染槽浓度为 $0.75 g/l$ ($C_0 = 0.75$)，色偏浅。则应降低车速至 21m/min。现按正常补给流量的两倍补给母液，即 $p' = 2 \times 0.34 = 0.68$ ，那末达到车速 21m/min 时的正确浓度 (0.85g/l)，所需时间 t 为：

$$t = (0.85 - 0.75) / (50 \times 21 \times 0.36 \times 0.68 - 21 \times 0.36 \times 16.5) / 4 \times 10^4 = 32 (mm)$$

若令补给流量为正常值的三倍， $p' = 1.02 l/kg$ ，则达到稳态所需时间缩短为 16 分钟，存在色差的纱的长度缩短了，但是色差则较前一

(上接第 28 页)

种情况要严重一些。

当达到稳态后,即可将 $V_{\text{补}}$ 恢复到正常值

$$V_{\text{补}} = 0.34 \times 21 \times 0.36 = 2.6 \text{ l/min}$$

以保持稳态。若欲上升车速至 25m/min,则可缓慢地同时调快车速和流量,直至车速为 25m/min, $V_{\text{补}}$ 为 3.06 l/min。

四、结 语

靛蓝纱线连续轧染的染色质量主要取决于正确选定补给液浓度和流量,这两个参数的选定又必须首先确定轧染槽的轧液率及单位重量

纤维上的染料重量。本文提供了可行的测定方法。实践证明,在正确选定了补给液浓度和流量后,一旦达到稳态,便可获得无头尾色差、合乎色泽要求的染物。上述原则对梭织物、针织物的轧染同样适用。

前述快速测定染槽各组分浓度的方法以及达到稳态所需时间的估算实例,亦有助于正确合理地对整个轧染过程进行控制。

参 考 资 料

- [1] 陈全伦等:《纺织化学分析方法》, p. 484, 纺织工业出版社, 1986 年。
- [2] 《T.C.C.》, 1983, №6, p. 11.