



# 筒纱活性染料受控染色

程龙瑶

(常熟怡泰隆印染有限公司, 江苏 常熟 200127)

**摘要:** 介绍筒纱活性染料受控染色工艺, 包括染料的选择, 染料与盐、碱的配比, 染色条件的控制, 以及高温高压筒子染色机应具备的特点和应用性能, 并对具体操作提出了要求。

**关键词:** 筒子染色; 活性染料; 计算机控制

中图分类号: TS193.313

文献标识码: B

文章编号: 1000-4017(2006)21-0013-04

## Controlled dyeing of cheese with reactive dyestuffs

CHENG Long-yao

(Changshu Yitailong Printing &amp; Dyeing Co., Ltd., Changshu 200127, China)

**Abstract:** Technological process of controlled cheese dyeing with reactive dyes is introduced, including dye selection, ratio of dyestuff to alkali and salt, control of dyeing conditions, factors affecting levelness, as well as characteristics and applicability of high-temperature-high-pressure cheese dyeing machine. Matters needing attention in dyeing process are put forward.

**Key words:** cheese dyeing; reactive dyes; computer control

受控染色是科学合理的染色工艺。通过严格、精确地控制染色全过程, 达到 RFI( Right First Time) “一次合格”, 即准样率、出缸率都能达到预期要求。一次合格率高, 可实现短周期、低成本、少废水和高效率生产过程。

## 1 工艺技术

### 1.1 染料的选择

活性染料染色通常分上染( 吸附、扩散)、固色( 键合反应)和净洗三个阶段, 每个阶段都会影响染色结果。实行受控染色, 首先必须分析选用染料的染色特征值(  $S$ 、 $E$ 、 $R$ 、 $F$  值), 制定准确的工艺配方。若条件允许, 可选择活性基团多、匀染性能好、配伍性相近的染料组成浅、中、深三原色。

活性染料的  $S$ ( Substantivity) 值表示染料对纤维的直接性, 用加碱前吸附 30 min 时的吸附率来表征;  $E$ ( Exhaustion) 值代表上染的竭染率;  $R$ ( Reactivity) 值代表染料的反应性, 用加碱 5 min 后的固色率来表征;  $F$ ( Fixation) 值则代表染料的固着率, 是洗去浮色后测得的染料固着率<sup>[1]</sup>。分析染料的染色特征值可知, 如果  $E-S$  值大, 说明初染率(  $S$  值) 低, 会引起染色不匀, 需要通过移染来提高匀染效果;  $S/F$  值越大, 纤维对染料的吸附、渗透性高, 匀染性好; 而  $R/F$  值大, 表明加碱后染料与纤维的反应速度快, 匀染性差;  $E-F$  值

大, 水解染料与纤维上的浮色多, 染深效果差;  $F \gg R$ , 染料固色率高;  $F < R$ , 则染料易水解, 不可取。

表 1 列出了国内常用的几只活性染料上述  $S$ 、 $E$ 、 $R$ 、 $F$  的差值和比值。

表 1 部分活性染料的  $S$ 、 $E$ 、 $R$ 、 $F$  差值和比值

浓度		染料	结构	$E-F$	$E-S$	$S/F$	$R/F$	$R_f$ 值
雅格素	0.5% 浅三原	BF-RR 红	VS + MCT	14.4	27.7	0.83	0.93	0.69
		BF-RR 黄	VS + MCT	10.3	12.7	0.97	0.99	0.69
		BF-RR 蓝	VS + MCT	9.3	18.9	0.89	0.68	0.76
科华素	2% 中三原	3BS 红	VS + MCT	8	33	0.69	0.7	80
		3RS 黄	VS + MCT	11	27	0.81	0.77	72
		GG 藏青	双 VS	5	53	0.47	0.84	84.2
		B133% 元青	双 VS	3	29	0.68	0.8	96.7
万得	2%	2GLN 蓝	VS + MCT	15.7	22.5	0.91	0.61	87
雅格素	2% 以上 深三原	EX-D 红	VS + MCT	5.8	42.4	0.57	0.73	95.6
		EX-D 黄	VS + MCT	9.5	18.5	0.84	0.98	96
		EX-D 蓝	双 VS	6.1	45.3	0.43	0.87	98.9

注:  $R_f$  值试验条件为染料 1%, 滤纸 2 cm × 15 cm, 室温 × 30 min。VS 为乙烯砜结构, MCT 为一氯均三嗪结构。

染料选择标准: 配伍性好, 对工艺参数( 温度、时间、浴比、盐、碱等) 敏感性小, 以及不能“跳灯”。在拼色时, 应选用  $S$ 、 $E$ 、 $R$ 、 $F$  值相近的同类型染料。三原色拼色时, 蓝色用量小于 0.2%, 不可使用 2GFN 蓝( 上海万得); 藏青用量小于 1.0%, 不可使用 B 133% 元青; KN-G 翠蓝和 B-4GLN 嫩黄用量 0.5% 以上时, 应采用 80~85 °C 染色。当黄、红单个用量超过 2%, 可选用 EX-D 黄、EX-D 红( 雅格素)。当 BF-RR 蓝用量超过 0.2% 时, 应选用其它蓝色替代。另外, 使用黑色染料时, 黑色染料用量不得小于 2.0%。

### 1.2 染料与盐、碱的配比

收稿日期 2006-09-05

作者简介 程龙瑶( 1950- ), 上海市人, 染整高级工程师, 长期从事染整技术工作。

生产中,染料、助剂的用量和配比,是根据染料对温度、时间、浴比、盐、碱和 pH 值等不同的依存性,以及设备的特性而定的,特殊情况下可作微调。例如,KN-R 艳蓝在 55~60 °C 染色较合适,元明粉最高用量为 50 g/L(采用大浴比化元明粉时,用量可适当提高);如果用磷酸三钠代替纯碱,则用量是纯碱的一半;大豆纤维、玉米纤维和竹纤维的染色,纯碱用量不得高于 20 g/L 等。表 2 列出了棉、粘胶纱染色时活性染料与盐、碱的配比。

表 2 棉、粘胶纱染色时活性染料与盐、碱的配比

染料/%	棉/(g/L)		粘胶/(g/L)		时间/min
	元明粉	纯碱	元明粉	纯碱	
0.2 以下	5~10	5	5~10	5	染色 20 固色 30
0.2~0.5	10~20	5~10	10~15	5~7	
0.5~1	20~30	10~15	15~20	7~8	染色 20 固色 45
1~2	30~40	15~18	20~25	8~10	
2~3	40~50	18~20	25~30	10~15	染色 20 固色 60
3~4	50~60	20	30~40	15~20	
4~5	60~70	20	40~50	20	染色 30 固色 60~75
5~6	70~80	20	50~60	20	
6~8	80~90	20~25	60~70	20	
8 以上	90~100	20~25	70	20	

### 1.3 染色条件的控制

#### 1.3.1 前处理

织物煮练或氧漂前处理,所用的各类助剂不可拼混在一个容器中。高浓度助剂拼混,可能会引起相互反应,如果直接倒入已装入纱的主缸内,则又会使浓度高的助剂沾在纱上,产生浓度不匀,影响后道染色,严重时还会产生色花。

前处理后的筒子纱在不影响强力的情况下,要求:

- ① 纱线处理均匀,目测时看不出内外层,染浅色没有棉籽壳;
- ② 毛效在 10 cm/30 min 左右;
- ③ 纱的中、内层不含残余的碱或双氧水;
- ④ 没有严重变形、密度不匀的现象。

#### 1.3.2 染色温度控制

乙烯砷型染料(或乙烯砷+一氯均三嗪)的染色温度为 55~65 °C,最佳上染温度为 60 °C;一氯均三嗪染料的染色温度为 80~90 °C,常规上染温度为 85 °C。因此,在低于最佳上染温度时进行恒温移染,不加或少加盐/碱,在无碱条件下,采用高于最佳上染温度进行恒温移染,再降温加碱,可以起到明显的匀染效果。

#### 1.3.3 电解质浓度

控制染浴中的盐浓度,可以改变上染速度和上染率,故不同颜色及深度的染色,盐的用量和上染速度是不同的。如粘胶雪尼尔产品的染色,盐浓度超量,可缩

短染色时间。绞纱用此方法染色,可使表面着色快,红光突出,上染率提高;但其芯层连接线没有完全上染,故色光不稳定,易产生缸差。而筒纱不能用此法,否则极易引起色花及内外层色差。

若用染液的回流水化盐(元明粉),在盐局部浓度达到 250 g/L 以上时,有些染料就会出现凝聚或盐析现象。因此,在染色中途对料缸加盐时,要及时循环回流以进行稀释。

#### 1.3.4 染色 pH 值

尽量采用对工艺条件依存性小,尤其是对盐/碱敏感性小的染料。根据颜色深浅,分段(次)加纯碱,使染液 pH 值缓慢上升,以利于染料的匀染和透染。纯碱浓度与 pH 值之间的关系见表 3。

表 3 纯碱与 pH 值的关系

纯碱/(g/L)	5	10	15	20	25
pH 值	11.1	11.32	11.43	11.47	11.52

实际染色中,以 20 g/L 纯碱为例,测得 pH 值比上述数据要低。试验得到,第一次加 1/10 的碱,pH 值在 9~9.4,染料上染率达 50% 以上;第二次加 3/10 的碱,pH 值在 10~10.1;第三次加 6/10 的碱,pH 值在 10.5~10.6。因此,第一次加碱至关重要。

染液中纯碱的局部浓度达到 80 g/L 以上时,部分染料会出现水解,例如,在料缸中加纯碱时就会发生此类情况。为避免水解,可采用以下方法:

① 在料缸中化碱,第一次加 1/10 碱用回流水,第二次加 3/10、第三次加 6/10 碱都用清水,在计算浴比时先把这部分水扣除。

② 在副缸中采用大浴比化碱,与主缸形成循环。

根据经验,染料的水解率分别是:二氯均三嗪类在 40% 左右,双一氯均三嗪类近 20%,个别超过 30%;双乙烯砷类、单乙烯砷类和异双类(一氯均三嗪+乙烯砷)大部分在 20%。部分活性染料在滤纸上的凝聚、盐析、水解试验结果见表 4。

表 4 部分活性染料的滤纸试验结果

活性染料种类	染料用量/g	元明粉/g	纯碱/g	水/mL	试验结果
RR 红	0.5	25	-	100	无盐析,但有明显凝聚
	0.8	8	8	100	轻微凝聚
RR 黄	0.5	25	-	100	无盐析,明显凝聚,染液浑浊
	0.5	8	8	100	无盐析,无凝聚
RR 蓝	0.5	25	-	100	无盐析,但有明显凝聚
	0.5	8	8	100	无盐析,但有明显凝聚
3BSN 红	0.5	25	-	100	无盐析,无凝聚
	0.5	8	8	100	无盐析,无凝聚
3RS 黄	0.5	25	-	100	无盐析,基本不凝聚
	0.5	8	8	100	无盐析,轻微凝聚

续表 4

活性染料种类	染料用量/g	元明粉/g	纯碱/g	水/mL	试验结果
BB 蓝	0.5	25	-	100	有轻微凝聚
	0.5	8	8	100	有轻微凝聚
BRF 蓝	0.5	25	-	100	严重盐析,染料沉淀,水较清
	0.5	8	8	100	盐析严重,全部凝聚
RS/P 艳蓝	0.5	25	-	100	严重盐析
	0.5	8	8	100	全部盐析,颜色变红
G 翠蓝	0.5	8	-	100	有轻微凝聚
	0.5	8	8	100	有盐析,严重凝聚
2GFN 藏青	0.5	25	-	100	染料全部盐析,水较清
	0.5	8	8	100	有明显凝聚
B 元青	0.5	25	-	100	无盐析,无凝聚
	0.5	8	8	100	无凝聚,色偏红光
ED-Q 黑	0.5	25	-	100	无盐析,有凝聚
	0.13	食盐 8	8	100	轻微盐析,有凝聚
KNG-2RC 黑	0.5	25	-	100	无盐析,有凝聚
	0.13	食盐 8	8	100	有盐析,明显凝聚

#### 1.4 影响筒纱匀染的因素

据有关文献资料介绍,为保证匀染,全棉筒纱卷绕密度为  $0.35 \sim 0.38 \text{ g/cm}^3$  时,其比流量若高于  $20 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{kg})$ ,应控制升温速度在  $0.1 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ ,比流量大于  $30 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{kg})$  则控制升温速度在  $0.5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ ,当升温速度达  $0.9 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$  时,比流量要求达到  $40 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{kg})$  以上。当然,影响筒纱匀染的因素是多方面的,为了保证筒纱的匀染,还应注意最终平衡吸收率、染料与纤维的反应速度和染液每分钟循环次数等。

##### 1.4.1 最终平衡吸收率

对于最终平衡吸收率低的染色过程,应该先匀染,后达到平衡吸收;而对于最终平衡吸收率高的染色过程,则应先平衡吸收,经过一段时间循环(移染)后,才达到匀染。

相对而言,染液的循环频率(每分钟穿透纱线的次数)高一点,或者染液对纱线的最终平衡吸收率低一点,染色的移染(匀染)性会好一点。

##### 1.4.2 染料与纤维的反应速度

不同颜色染料的上染速率和固色速率是不同的。一般黄色染料先上染,红、蓝继之。在无碱情况下,染料的上染率较低,染料上染纤维依靠吸附、扩散作用;之后,只要加入少量碱,就能大幅提高上染率。若染料的分子量大,直接性高(一般蓝色为多数)则上染速度快,但移染(匀染)性就差。因此,对中-高瞬染染料,可以通过控制加碱的量和速度,防止染液 pH 值发生明显突跃;可适当增加匀染剂用量,保证染色初期的匀染;也可降低初染温度,以降低上染速率。这样,染料在染色过程中与纤维的反应速度就能得到有效的控制。其中,分段加碱是染色工艺的核心,对匀染起到关键作用。

##### 1.4.3 染液的循环频率

染色时,染液的比流量、循环次数和循环频率之间具有一定的关系。通过测定比流量数据,可以计算出每分钟循环次数(次/min)。例如浴比 1:8,比流量为  $30 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{kg})$ ,则每分钟循环次数为 3~4 次(表 5)。

表 5 某些纤维品种的比流量数据

纤维品种	比流量/ [L/(min·kg)]	纤维品种	比流量/ [L/(min·kg)]
纯棉	35~50	涤棉	30~40
丝光棉	60~80	纯涤纶	40~50

注:循环频率 = 比流量/浴比;

循环次数 = 时间 × (比流量/浴比)。

## 2 设备

一般,高温高压筒子染色机需要具备以下基本特点和应用性能:

### 2.1 主缸体

主缸体为半充满气垫式,采用内压自封式密封,浴比低。为保证安全,应该用平衡重锤,手动开盖。

### 2.2 换热器

外置列管式热交换器,采用间接式加热或冷却,热交换效率高(高出同类交换器 20%~30%)。列管式换热器设置在主循环管路中,可减少主缸体内的无效空间,降低浴比,并能够较好地保证整个循环系统中染液温度的均匀性。其最低升温速率可控制在  $0.3 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ ,温度显示与实际温差  $\leq 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ,从而对升温或保温过程中控制染料的上染率,起到较好的作用。

### 2.3 主循环系统

染液采用大流量、高效率及抗气蚀性强的高比转速离心泵,进行强制循环。既可根据染色工艺要求控制染液单向或内外向循环,也可将其设计成离心为主、列管热交换器外置和采用混流的三位一体形式,使其既具有混流泵吸口流量大特点,又具有离心泵出口扬程大的优点。主循环泵变频调速,通过内外压差检测反馈信号,调节主泵转速,对循环染液进行流量控制,以满足不同纱线品种及用途的要求,从而提高筒子纱染色的匀染性和染色质量。

依托先进的染整设备,可以在受控情况下实现以最少的流量进行优质、低耗的筒纱染色。

若设计流量为 100%,染色各阶段的流量控制参考值见表 6。

表 6 流量控制参考值

工艺流程	加料	升温	促染	固色	保温	结束
流量/%	55~60	65~70	75~80	80~85	80~85	70~75

### 2.3.1 双进双排功能

设备可分别进软、硬水,并且可实现快速进水,缩短进水时间,提高生产效率,也可分别排污水和排清水。

### 2.3.2 高温直排

设备应具有高温直排和压力排放功能,可减少聚酯纤维在高温过程中所产生的低聚物,增加纱线的耐摩擦牢度;省去降温时间,节省冷却水,对提高生产效率和减少能耗起到很好的作用。

### 2.3.3 压力脱水和回水

配置压力脱水功能,可在脱水时对纱线施加挤压效果,以提高漂洗效率,节约用水,并提高烘干效率,降低能耗。压力回水,可使染液回用时,将主缸染液压到副缸,不必增设辅泵且回水时间很短,是提高效率和降低能耗的有效手段。

### 2.3.4 换向装置

采用“X”型阀板式换向器,使染液平衡换向,没有冲击。在主缸载纱后进水时,实现筒子纱内外同时快速进水,保证纱线内外吸水均匀,也不会冲毛纱线。

## 2.4 加料系统

比例加料控制,可根据染料的种类或同种染料的不同染色深度,在不同的温度区域,精确地给定染料或助剂(定量分段式多次加入),使被染物获得最佳的上染效果和色牢度。

## 2.5 溢流式化盐装置

化盐和注入同步进行,且不需要太多的回液,以保证主缸尽可能小的浴比。同时,可有效控制加盐速率和注入量,以保证上染均匀;并预防元明粉结块和吸入杂质。

## 2.6 副缸

配备与主缸等容积的副缸,增强搅拌功能,与染缸、料缸能分能合。主缸前处理与副缸大浴比化料同时进行,缩短等待时间;与染色同步制备热浴,缩短升温时间,提高效率;染液回流后,从主缸同步取小样对色,保证取样的真实性;对某些染液可以再利用。

## 2.7 计算机控制

采用德国 SETEX 535 专用染色机电脑(PLC)和温度、压差等在线检测设施,并与动力驱动变频器组成一个功能强大的控制系统。该系统可实现多种功能:人机对话;三级密码设置;自动存储前 10 批染色过程的全部资料(备查)和准备运转状况;对染色工艺可进行拷贝,提供多种工艺曲线选择等。

## 3 工艺操作要求

### 3.1 松筒是筒纱染色的第一道关键工序,约有 50%

的质量问题发生在该道工序,其中筒子卷绕密度是关键。如密度不匀、暗筋、露眼、松紧不匀、重量相同但大小不同等,都会造成色花、色差。因此,在松筒过程中要经常巡回检查、把关。各类针织纱线的筒子卷绕密度、重量见表 7(家纺产品的密度、重量略有不同)。

表 7 各类针织纱线的筒子卷绕密度

纤维	卷绕密度/(g/cm <sup>3</sup> )	重量/(kg/颗)
棉	0.35~0.38	0.83~0.85
涤棉	0.35~0.38	0.8~0.83
羊毛	0.32~0.35	0.85~0.9
A	0.4~0.42	1.0
R	0.3~0.33	1~1.04
T	0.4~0.42	1.0
S	0.28~0.3	0.85
氨棉、羊氨	0.35~0.38	0.85

3.2 投产前,小样的复样很关键。纱线的称重要精确到 0.02%,含水率尽量控制与现场一致;染化料现用现取现化。若有不同类型的小样机,应该采用打出的小样与大样最接近的小样机。涤棉、氨棉、羊氨等混纺纱的对色,要求用不断纱打小样。

3.3 检验进厂的活性染料,要求力分批差控制在  $\pm 1\%$  以内,  $\Delta E \leq 0.5$ ;黑色放宽到  $\pm 2\%$  以内,  $\Delta E \leq 0.8$ 。

3.4 为保证染色过程中大样在受控条件下达到同步性,应以现场的温度、时间、浴比、pH 值四大要素作为关键点,加以严格控制。生产中,大多数活性染料的初染率(S 值)在 50% 以上;在初染阶段(未加入纯碱),染液基本处于中性。此时,升高温度有利于降低染料直接性的直接性,提高染料在纤维上的扩散性和匀染性,在制订工艺时,要予以充分考虑。

3.5 为使染液在纱线上均匀分布,避免色花、色差,染料总用量在 4% 以上的深色(如黑色、藏青等),应该用特殊化料方法,可以在副缸内全浴化料,溶化后内、外同时向主缸进料。

要根据染料特点确定加料次序,染料化好后应过滤。后处理使用的柔软剂、固色剂,以及色织后的定形,都有可能使染色物产生色变,必要时需做生产前试验。

3.6 大红、藏青、黑色的皂洗沾色和湿摩擦牢度的提高,可在工艺及操作方面做如下改进:

- ①前处理提高毛效和纱线的渗透性;
- ②选用高力分染料,且单只染料用上染同步性一致的染料拼混;
- ③改变化料、加料操作方法;
- ④加强和改进后处理。

参考文献:

- [1] 陈荣圻. 活性染料染色特性十大参数分析(一)[J]. 印染, 2005, 31(13): 45~49.