

# 棉弹力针织布合理定坯工艺参数的计算

邓盼, 凌群民\*, 周琪

(湖南工程学院 纺织服装学院, 湖南 湘潭 411104)

**摘要:**建立了棉弹力针织布定坯过程中的设备供热和坯布需热的能耗数学模型。在已有生产数据基础上, 计算了针对特定机台特定布类的最优 $\beta$ 值; 在计算理论机架宽度、理论超喂量的基础上, 设计了逆向利用能耗数学模型的、在特定机台上加工特定布类的机速计算式, 获得了不同定前封度和定前克重条件下的坯布最佳定坯工艺参数计算方法。

**关键词:**定坯; 工艺参数; 能耗模型; 定前封度; 定前克重

**中图分类号:** TS184

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-0356(2018)09-0008-04

我国是纺织品生产和出口的大国, 而针织行业对促进纺织行业的发展发挥了不可替代的作用。氨纶的引入使得针织面料的延伸性、弹性和塑形性更加优越, 极大地拓展了针织面料的应用。氨纶弹力针织物的定型不仅决定了织物的结构参数, 还影响着织物的手感和形态风格。目前实际生产中对氨纶弹性针织物的定型主要依靠经验来设定工艺, 不仅缺乏定型效果的重现性, 也带来了由于定坯受热过度造成弹性丧失和手感变硬的问题、或者由于定坯热力欠缺造成成品规格不达标和织物缩率过大的问题, 给工厂生产带来了困扰。因此, 对氨纶弹性针织面料定坯工艺参数的计算进行研究具有重大的应用价值。

## 1 棉弹力针织物的定型

含氨纶的棉弹力针织物的尺寸稳定性主要受氨纶弹性回复性的影响, 对含氨纶的棉弹力针织物进行定型时, 主要是对氨纶材料进行热定型处理。

### 1.1 定型机理

棉弹力针织物定型的本质是将氨纶纤维内部大分子链段发生重新排列, 从而消除内应力, 使定型后织物的形态和尺寸达到稳定<sup>[1]</sup>。氨纶等合成纤维均具有热塑性, 在高温条件下, 收缩和变形现象明显<sup>[2]</sup>。因此, 利用热塑性这一特点对氨纶弹性织物进行预定型及后定型处理, 来提高尺寸和形态的稳定性, 减少生产中产生的皱痕, 控制织物的门幅尺寸和克重大小<sup>[3]</sup>。

在棉弹力针织物的生产过程中, 尤其在高温高湿

的加工环境中(如漂白或染色时), 一般都先进行定坯处理, 即在有适宜张力的条件下采用比后续工序更高的温度对织物进行处理, 在染色之前先稳定坯布的门幅和克重, 以防止织物在染色过程中产生收缩变形。

### 1.2 影响棉弹力针织物定型效果的主要因素

弹力针织物热定型通常是将织物在一定温湿度条件下, 加热一定时间后进行冷却, 使其尺寸和形态达到稳定。影响热定型的主要工艺参数如下:

(1)温度 温度是影响热定型最主要的因素。织物经过热定型, 原来存在的皱痕被消除的程度, 表面平整性的提高, 织物的尺寸热稳定性和其他服用性能, 都与热定型温度的高低有着密切的关系<sup>[4-6]</sup>。

(2)张力 热定型过程中织物所受到的张力对织物的尺寸热稳定性、强力和断裂延伸度都有一定的影响。张力由超喂和机架共同控制, 超喂的大小影响织物的纬密、纵向缩水性能和织物的克重。定型机架的宽度决定织物定型后的幅宽和横向缩水性能<sup>[7-8]</sup>。

(3)时间 定型时间是指布面达到定型规定的温度时所需加工时间。定型加工时间影响织物的升温效果, 决定了织物定坯的效果。一般, 收缩率通常是随着时间的增加而降低, 但延长定型时间会使得面料出现发硬、泛黄、强力下降等情况<sup>[9]</sup>。

### 1.3 弹力针织物定坯过程中的工艺参数

在弹力针织物的定坯过程中, 工厂对温度、张力、时间等因素的控制主要是通过调节温度、机速、机架宽度、超喂等工艺参数来实现。目前, 国内外对于氨纶弹力物的热定型工艺参数的研究较少, 对影响定型效果各因素间的耦合关系没有深入挖掘。基于此, 本文深入探究了弹力针织物定坯过程中工艺参数的计算。

收稿日期: 2018-06-27 修回日期: 2018-07-03

作者简介: 邓盼(1992-), 女, 硕士研究生在读, 主要研究方向为纺织工程。

\*通信作者: 凌群民(1961-), 教授, 主要研究方向: 纺织工程, E-mail: lingqunmin@163.com。

## 2 定坯工艺参数间的能量数学模型

由于棉弹力针织物的定坯生产过程机理复杂,影响织物质量指标的工艺参数较多,导致模拟热定型生产过程的数学模型变得复杂,模型的具体形式难以确定。从热力学的角度出发,依据换热平衡和牛顿热交换公式,结合热定型工艺参数与质量指标间的关系,分析定型机供热(Q)的原理和坯布定型过程中吸热(q)的原理,从设备供热(Q)与坯布需热(q)探究定坯效果与能耗之间的关系,建立定型温度、机速、机架宽度、超喂这4个关键参数间的数学表达式,从定坯过程的能耗探究合理定坯工艺参数的计算。

参考文献<sup>[10]</sup>依据牛顿换热公式,对一定幅宽、长度为 $\Delta x$ 的布匹在 $dt$ 时间内机器通过对流方式提供的热量 $Y$ ( $W/m^2$ ),如公式(1)所示:

$$Y = h(T_0, T_s, V_s)S[T_s - T_0]dt \quad (1)$$

式中, $T_s$ : 机箱温度( $^{\circ}C$ ); $V_s$ : 机器的供热速度( $K/m^2$ ); $h(T_0, T_s, V_s)$ : 热交换系数; $S$ : 热交换面积( $m^2$ ); $T_0$ : 环境初始温度( $^{\circ}C$ ), $T_0$ 随季节、气候等因素的变化会有所改变,在下文计算中取 $20^{\circ}C$ 。

在弹力针织物的定坯过程中,利用公式(1),长度为 $\Delta x$ 的织物通过定型机时,每节定型机机箱的供热 $Q$ 如表达式(2)所示:

$$Q = k \cdot W \cdot L \cdot (T_s - T_0) \cdot (L/v) \quad (2)$$

式中, $k$ : 热交换系数( $W/m^2 \cdot K$ ); $W$ : 机架宽度(英寸); $L$ : 每节机箱长度(英寸); $T_s$ : 机箱温度( $^{\circ}C$ ); $T_0$ : 环境初始温度( $^{\circ}C$ ); $v$ : 定型机的机速(码)。

织物自身的吸热状态和成分的热性能、密度、厚度、受热长度、热塑性温度、环境温度有关,根据牛顿热交换公式,每节定型机机箱中织物达到定型温度时吸收的热量 $q$ ,如公式(3)所示:

$$q = C_f \cdot (\rho \cdot L \cdot p \cdot W) \cdot (T_p - T_0) \quad (3)$$

式中, $C_f$ : 坯布的比热容( $J/kg \cdot ^{\circ}C$ ); $\rho$ : 织物密度(根/10 cm); $p$ 为织物厚度(mm); $T_p$ : 织物表面达到氨纶热塑性定型的温度( $^{\circ}C$ )。氨纶在 $150^{\circ}C$ 以上热塑性显著增加<sup>[11]</sup>,下文计算中 $T_p$ 取 $150^{\circ}C$ ;  $T_0$ : 环境初始温度,在下文计算中取 $20^{\circ}C$ 。

定型机机箱的供热量 $Q$ 和织物在机箱中吸热量 $q$ 直接反映了热量的供需关系,结合式(2)和(3),将机箱提供的热量 $Q$ 比上织物在定型机中吸收的热量 $q$ ,得到一个比值 $\beta$ ,建立定坯工艺参数间的能耗数学模型,如

表达式(4):

$$\beta = \frac{Q}{q} = \frac{k \cdot W \cdot L \cdot (T_s - T_0) \cdot (L/v)}{C_f \cdot (\rho \cdot L \cdot p \cdot W) \cdot (T_p - T_0)} \quad (4)$$

式中, $(\rho \cdot L \cdot p \cdot W)$ 代表每节机箱内织物的重量,式(4)可转化为:

$$\beta = \frac{Q}{q} = \frac{k \cdot W \cdot L \cdot (T_s - T_0)}{C_f \cdot V(\text{定前克重} \cdot \text{定前封度}) \cdot (1 + \text{超喂}) \cdot (T_p - T_0)} \quad (5)$$

式中, $k$ 、 $C_f$ 均为常数, $L$ 机箱长度也为固定值。因此式(5)可转化为:

$$\beta = \frac{Q}{q} = \frac{W \cdot (T_s - T_0)}{A \cdot V(\text{定前克重} \cdot \text{定前封度}) \cdot (1 + \text{超喂}) \cdot (T_p - T_0)} \quad (6)$$

## 3 工艺合理性分析

利用能耗数学模型计算的 $\beta$ 值,对工厂生产频率较高的JC14.58 tex+2.2 tex棉氨纶平纹弹力布的线上数据进行工艺合理性分析。对不同定前封度、不同克重的坯布进行线上数据分析,得出已有定坯工艺中的最优工艺。

根据表1分析:第2、3组数据 $\beta$ 值较大,说明相比第1组工艺,第2、3组的机器供热程度大于坯布需热程度。这是因为第2、3组采用的超喂值较小,单位时间内机箱内受热坯布量少,单位重量坯布受热多,坯布定型程度高,坯布下机后回缩少,使得定后克重要小于目标克重。在三组工艺中,第1组的 $\beta$ 值是通过此机台加工此种坯布已获得的线上生产数据中最优的。

根据表2分析:这四组工艺数据中,第4组的 $\beta$ 值最小,供热、需热比值最合理;第5、6、组数据中,在设定的机架宽度条件下,设定的超喂值偏小,使得定后克重偏大。第4组的 $\beta$ 值是通过此机台加工此种坯布已获得的线上生产数据中最优的。

根据表3分析:这四组工艺数据中,第8组的 $\beta$ 值最小,第10组工艺中主要是由于在设定的机架宽度条件下,设定的超喂值偏小,单位时间内机箱内受热坯布量少,单位重量坯布受热多,坯布定型程度高,坯布下机后回缩少,使得定后克重偏大;第7、9组数据中,由于设备性能的随机性,定坯温度略高,设备供热较大,

造成第7、9组的β值偏大。第8组的β值是通过此机台加工此种坯布已获得的线上生产数据中最优的。

表1 定前封度为1.78 m、克重190 g定坯数据分析

工厂数据序号	定前封度/m	定前克重/g	签单温度/℃	定坯温度/℃	实际机架/m	实际机速/m	超喂/%	定后封度/m	定后克重/g	供热比需热值β
1	1.70	190	194	194	2.13	26	40	1.91	135	2.256
2	1.70	190	194	193	2.13	26	29	1.88	125	2.424
3	1.70	190	194	194	2.13	26	29	1.91	125	2.438

表2 定前封度为1.78 m、克重196 g定坯数据分析

工厂数据序号	定前封度/m	定前克重/g	签单温度/℃	定坯温度/℃	实际机架/m	实际机速/m	超喂/%	定后封度/m	定后克重/g	供热比需热值β
4	1.78	196	194	193	1.98	37	12	1.93	135	1.685
5	1.78	196	194	192	1.98	37	-6	1.93	127	2.004
6	1.78	196	194	195	1.98	37	-4	1.93	130	1.991

表3 定前封度为1.73 m、克重195 g定坯数据分析

工厂数据序号	定前封度/m	定前克重/g	签单温度/℃	定坯温度/℃	实际机架/m	实际机速/m	超喂/%	定后封度/m	定后克重/g	供热比需热值β
7	1.73	195	194	193	2.13	26	35	2.03	141	2.234
8	1.73	195	194	189	2.13	26	32	2.03	125	2.226
9	1.73	195	194	194	2.13	26	31	2.03	130	2.313
10	1.73	195	194	194	2.13	26	25	2.08	130	2.424

#### 4 利用能耗数学模型设计最优工艺参数

在对线上生产工艺进行最优化分析后,针对每一台定型机加工的每一布种,可以获得最合理的β值和最优上机幅宽和超喂,在已知定前门幅、定前克重和客户要求的目标封度和目标克重的前提下,由公式(6),可以逆向设计出最优的机速,制定针对每一台定型机加工的每一布种的最优工艺。现用最优工艺参数计算法确定不同定前封度、不同克重的JC14.58 tex+2.2 tex棉氨纶平纹弹力布最优定坯工艺。

##### (1) β值的确定

根据生产数据的工艺合理化分析,可获得在已有的线上生产数据条件下每一台定型机加工的每一布类对应的最优β值。随着生产数据的增加,β值的最优化程度会不断提高。

##### (2) 定坯温度的确定

由于布类定坯温度是相对稳定,实际生产中对同一机台加工同一布类的定坯温度的调整也较少。弹性氨纶织物较理想的热定型温度在180~190℃<sup>[12]</sup>,考虑机台的损耗情况,工厂将加工JC14.58 tex+2.2 tex棉氨纶平纹弹力布的定坯温度设为194℃。

##### (3) 理论设计机架宽度和理论设计超喂

在工厂实际定坯过程中,根据定前封度、定前克重和客户要求的目标封度和目标克重可以计算出理论的机架宽度和超喂。具体关系式如下:

$$\text{定后理论封度} = \frac{\text{目标制度}}{1 + \text{允许最大横向缩水率}} \quad (7)$$

$$\text{定后理论克重} = \frac{\text{目标克重} \times \text{目标封度}}{\text{定后理论封度} \times (1 - \text{允许最大纵向缩水率})} \quad (8)$$

$$\text{理论应设机架宽度} = \text{定后理论封度} + \delta \quad (9)$$

δ应当根据织物的纤维材料特征、织物结构的厚薄和织物进入定型机前的含水状态来决定δ值的大小,通常δ值的范围为5~13 cm,为方便计算过程,下文中的计算暂取δ=0。

$$\text{理论设计超喂}(\%) = \left(1 - \frac{\text{定后理论封度} \times \text{定后理论克重}}{\text{定前封度} \times \text{定前克重}}\right) \times 100 \quad (10)$$

基于以上确定的工艺参数,结合公式(6)可获得在已有的线上生产数据条件下每一台定型机加工的每一布类对应的最优机速值。

通过最优工艺参数计算建立不同定前封度、不同克重下设计的最优工艺,如表4所示。

表4 不同定前封度、不同克重的定坯最优工艺参数表

模拟数据 序号	参考 $\beta$ 值	定前封度 /m	定前重量 /g	目标封度 /m	目标克重 /g	签单温度 /℃	理论设计机 架宽度/m	理论设计 超喂/%	最优机速 /m
1	2.256	1.70	190	1.83	155	194	1.96	18	28
2	1.685	1.52	190	1.83	155	194	1.96	9	33
3	2.226	1.52	200	1.83	155	194	1.96	6	27

## 5 结语

从热力学的角度出发,依据换热平衡和牛顿热交换公式,探究定坯的温度、时间、机架、超喂这4个因素与织物下机后门幅、克重等方面的关系以及这三者的耦合作用对定型效果的影响,在氨纶弹力针织布定坯工艺的研究上得出:

(1)建立了定坯温度、定坯机速、机架宽度和超喂量这4个关键因素的能耗数学模型,确定了工艺参数对设备供热与坯布需热比值 $\beta$ 的影响。

(2)运用能耗数学模型对生产数据进行工艺合理性分析,分析了定坯过程中机器供热和坯布需热达不到最佳平衡状态的原因,并从工艺参数上提出了调整方案。

(3)通过建立的能耗数学模型和理论设计机架宽度、理论设计超喂表达式,可逆向求解针对特定机台加工特定时的理论机速,并在已有线上生产数据的条件下计算出了针对每一机台加工每一布种的最优定坯工艺参数,为规范工厂生产提供有效理论依据。

### 参考文献:

[1] 王戎戎. 棉氨针织物的染整技术[J]. 国外纺织技术, 1999, (5): 34-36.

[2] 苏宏林,胡玉才.特宽型缩幅定形机的研究与科技[J].上海纺织技术,2012,40(5),15-16.

[3] GUPTA V B, 顾利霞.热定型对涤纶纤维结构和力学性质的影响[J].国外纺织技术(化纤、染整、环境保护分册), 1983, (3): 1-4.

[4] 曾林泉. 纺织品热定型整理原理及实践(2)[J]. 染整技术, 2012, (1): 5-9.

[5] 成中平. 氨纶弹力色织物后整理工艺的探讨[J]. 山东纺织科技, 2008, (5): 40-42.

[6] 邵琳琳. 棉氨针织物热定型工艺的建模与优化设计[D]. 厦门: 华侨大学, 2013.

[7] JIN H, WANG J, WANG D, *et al.* Optimal control in polyester staple fiber plants[C]//Proc of the 2008 Chinese Control and Decision Conference; IEEE, 2008: 1 073-1 078.

[8] 孙向科,李茂林. 针织物中氨纶丝断裂主要因素的探讨[J]. 轻纺工业与技术, 2011, (4): 71-72.

[9] 赵迪. 染整热定型工艺模型研究及应用系统设计[D]. 厦门: 华侨大学, 2015.

[10] 任佳,张益波,高金凤,等. 热定型过程能耗建模及 PSO 参数优化[J]. 化工学报, 2011, (8): 2 206-2 211.

[11] 刘顺菁. 针织物热定型质量多变量控制系统研究[D]. 厦门: 华侨大学, 2016.

[12] 沈淦清,郝新敏,魏海欣,等.氨纶裸丝及其制品的热定型[J]. 北京服装学院学报, 1991, (1): 90-92.

## Calculation of Reasonable Pre-heat Setting Parameters for Cotton Elastic Knitted Fabric

DENG Pan, LING Qun-min\*, ZHOU Qi

(School of Textile and Apparel, Hunan Institute of Engineering, Xiangtan 411104, China)

**Abstract:** A mathematical model for heat supply of equipment and heat consumption of blank in pre-heat setting process was established. On the basis of the existing production data, the optimal  $\beta$  value for particular cloth type on a particular machine was calculated. On the basis of calculating the theoretical frame width and the theoretical overfeed quantity, the calculation formula of machine speed for special cloth on a special machine was designed based on the mathematical model of energy consumption. The calculation method of optimum pre-heat setting process parameters for blank under different conditions of pre-sealing degree and pre-gram weight was obtained.

**Key words:** pre-heat setting; process parameters; energy consumption model; pre-sealing degree; pre-gram weight