

罗拉隔距对纤维伸直效果的影响

陶 思 庆

(湖北省当阳纺织厂)

【提要】 本文提出并解决了在牵伸过程中不同形态弯钩纤维的伸直平行效果与罗拉隔距的关系这一理论问题,并给出了函数 $\eta' = f(E, \alpha, \eta)$, 使资料[1]提出的公式成为本函数的一个特例,从而为生产过程中不同工艺道数选择不同的罗拉隔距提供了一种理论依据。

关于牵伸过程中纤维伸直平行作用的定量研究工作,是我国学者徐朴、叶奕梁首先开创的^[1]。他们运用概率论的方法,通过对纤维伸直平行机理的研究,确定了伸直过程的正确概念,找出了纤维弯钩的形成原因,发现了纺纱过程中纤维弯钩变化的客观规律,以及在工艺上对消除弯钩有明显影响的方向性。这一开拓性的工作,是对纺纱理论的贡献。

一、牵伸倍数对纤维伸直效果的影响

纤维伸直过程是纤维本身各部分相对运动的过程。纤维弯钩的形成原因,主要是由于梳棉机锡林、道夫对纤维的共同作用,使得由道夫针面凝聚出的纤维绝大部分呈后弯钩状态。在牵伸过程中,由于喂入品纤维弯钩的方向不同,纤维的伸直平行效果会有很大的差异^[1]。经过理论分析,给出了前、后弯钩纤维在各种不同情况下伸直效果的数学表达式,找出了结果伸直系数 η' 与原始伸直系数 η 和牵伸倍数 E 之间的函数关系。

对于前弯钩纤维,有如下三种情况:

1. 当牵伸倍数较小时

$$\left(E \leq \frac{(1-2\eta) + \sqrt{\eta^2 + 12\eta - 4}}{3\eta - 1} \right)$$

$$\eta' = \eta + \frac{(E-1)(2\eta-1)}{E+3} \quad (1)$$

2. 当牵伸倍数较大时

$$\left(E \geq \frac{(1-2\eta) + \sqrt{\eta^2 + 12\eta - 4}}{3\eta - 1} \right)$$

$$\eta' = \eta + \frac{(E-1)[2-(E+1)(1-\eta)]}{2(E+1)^2} \quad (2)$$

3. 当牵伸倍数更大时 $[E \geq (1+\eta)/(1-\eta)]$

$$\eta' = \eta \quad (3)$$

对于后弯钩纤维,也有如下三种情况:

1. 当牵伸倍数较小时 $(E \leq (2-\eta)/\eta)$

$$\eta' = \eta + \frac{(E-1)(2\eta-1)}{E+3} \quad (4)$$

2. 当牵伸倍数较大时 $(E \geq (2-\eta)/\eta)$

$$\eta' = \eta + \frac{(E-1)[(3\eta-1)(E+1)-2]}{(E+1)(E+3)} \quad (5)$$

3. 当牵伸倍数更大时 $(R \leq (1-\eta')l/2)$

$$\eta' = \eta + \frac{(E-1)(2\eta-1)}{2} \quad (6)$$

式中, R 为变速点距前钳口距离; l 为纤维长度。

二、罗拉隔距对纤维伸直效果的影响

上述理论主要讨论了牵伸倍数对纤维伸直平行作用的影响,即把结果伸直系数 η' 表达为原始伸直系数 η 与牵伸倍数 E 的函数 $f(\eta, E)$ 。但在实际牵伸过程中,影响纤维伸直平行作用的远不止以上两个因素,其中罗拉隔距就是对纤维伸直平行作用有一定影响而不可忽视的一个重要因素。而上述公式没有包括这一重要因素,必然使计算所得的结

果和实际情况相差甚远，不能不说是一理论上的缺陷。为了较准确地描述实际牵伸过程，有必要建立纤维的伸直平行效果与牵伸倍数、罗拉隔距及原始伸直系数间统一的函数关系。本文试就这一问题，作一初步的理论探讨。

图1中， $k(x)$ 和 $K(x)$ 分别为牵伸区内快速纤维和慢速纤维的数量分布曲线。在两曲线的交点 R' 处，快速纤维量 $k(L-R)$ 等于慢速纤维量 $K(L-R)$ 。为了简化问题，不考虑牵伸区中摩擦力界分布的不均匀性，则可以近似地认为作用于该处纤维片断上的两类摩擦力是相等的。因此，该点 R' 可以看作纤维开始变速的最大可能位置，称作变速点或然率最大位置。

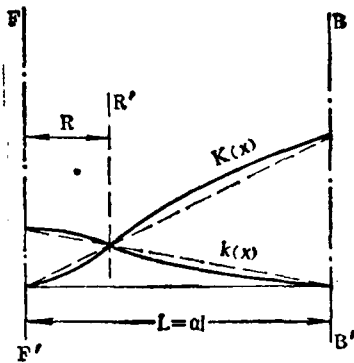


图1 简单罗拉牵伸区内纤维数量分布

设罗拉钳口隔距为 L ，牵伸倍数为 E ，当曲线 $k(x)$ 和 $K(x)$ 简化为两根近似的直线时， $R=L/(E+1)$ 。设纤维的主体长度为 l ，令 $L/l=\alpha$ ，定义 α 为隔距系数。所以， $R=\alpha l/(E+1)$ 。

对于前弯钩纤维，有以下三种情况：

1. 当 R' 距前钳口较远，即 $R \gg \eta' l/2$ 时，在伸直过程结束前，纤维弯曲点尚未到达前钳口，整个伸直过程不受前钳口的干扰。计算其结果伸直系数，可以得到和资料[2]相同的结果：

$$\eta' = \eta + \frac{(E-1)(2\eta-1)}{E+3} \quad (7)$$

$$\text{将 } R = \frac{\alpha l}{E+1}, \eta' = \eta + \frac{(E-1)(2\eta-1)}{E+3}$$

代入条件 $R \gg \eta' l/2$ ，整理得：

$$E \leq \frac{(\alpha - 2\eta) + \sqrt{\eta^2 + 2(7\alpha - 1)\eta + (\alpha^2 - 6\alpha + 1)}}{3\eta - 1} \quad (7')$$

可见约束条件式(7')已经不同于式(1)的约束条件了。这里 E 的范围不单依赖于 η ，而且依赖于 α 。

2. 当 R' 距前钳口较近，即 $R < \eta' l/2$ 时，在纤维主体中点还未到达 R' 位置时，纤维弯曲点已进入前钳口，使纤维伸直过程提前结束。由于考虑了隔距因素，计算所得结果伸直系数的数学表达式将不同于式(2)。具体计算如下：

如图2，纤维开始伸直时，纤维弯曲点 O 到前钳口的距离 S 为 $R - [(1-\eta)l/2]$ ；瞬时弯曲点的速度 V_0 为 $(V_A + V_B)/2$ ；延续时间 t 为 S/V_0 。因 $V_A = EV_B$ ， $R = \alpha l/(E+1)$ ，得： $t = [2\alpha - (E+1)(1-\eta)]l/[(E+1)^2 V_B]$

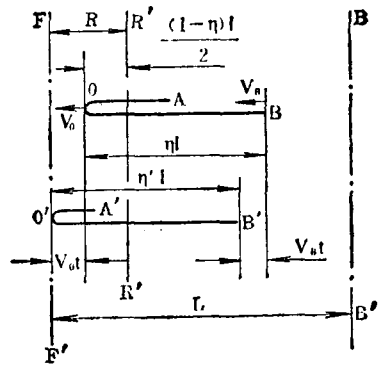


图2 前弯钩纤维的第二种伸直情况示意图

式中： V_A 、 V_B 分别为前后罗拉的速度。

显然，

$$O'B' = \eta' l = OB + \frac{1}{2} (V_A + V_B)t - V_B t$$

$$= \eta l + \frac{(E-1)[2\alpha - (E+1)(1-\eta)]l}{2(E+1)^2}$$

$$\therefore \eta' = \eta + \frac{(E-1)[2\alpha - (E+1)(1-\eta)]}{2(E+1)^2} \quad (8)$$

此时, $E \geq$

$$\frac{(\alpha - 2\eta) + \sqrt{\eta^2 + 2(7\alpha - 1)\eta + (\alpha^2 - 6\alpha + 1)}}{3\eta - 1} \quad (8')$$

3. 当 R' 距前钳口更近, $R \leq (1 - \eta)l/2$ 时, 弯钩部分中点尚未到达 R' 位置, 纤维弯曲点即已进入前钳口, 使整根纤维同时变速, 对纤维毫无伸直作用。此时,

$$\eta' = \eta \quad (9)$$

将 $R = \alpha l / (E + 1)$ 代入 $R \leq (1 - \eta)l/2$, 得:

$$E \geq (2\alpha + \eta - 1) / (1 - \eta) \quad (9')$$

对于后弯钩纤维, 也有如下三种情况:

1. 当 R' 距前钳口较远, 即 $R \geq \eta l/2$ 时, 纤维主体部分中点到达变速点 R' 时, 主体部分才开始变速。计算其结果伸直系数, 同样可以得到和资料 [2] 相同的结果:

$$\eta' = \eta + \frac{(E - 1)(2\eta - 1)}{E + 3} \quad (10)$$

将 $R = \alpha l / (E + 1)$ 代入 $R \geq \eta l/2$, 得:

$$E \leq (2\alpha - \eta) / \eta \quad (10')$$

2. 当 R' 距前钳口较近时, 主体部分中点尚未到达 R' , 主体纤维头端即已进入前钳口, 使主体部分提前变速, 此时应有 $R \leq \eta l/2$; 弯钩部分中点到达 R' 时, 弯钩部分才开始变速, 伸直过程结束, 此时应有 $R \geq (1 - \eta')l/2$ 。

如图3, 当纤维主体部分开始变速时, 弯钩部分纤维头端 B 到变速点的距离 $R'B$ 为 [2

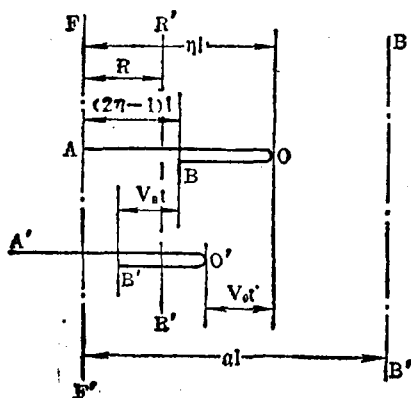


图3 后弯钩纤维的第二种伸直情况示意图

$(\eta - 1)l - R$]; B 端的速度为 V_B , 瞬时弯曲点 O' 的速度为 $(V_A + V_B)/2$; 当伸直过程结束时, $R'B' = R'O'$

$$\text{即 } V_B t - R'B = \eta l - R - O'O'$$

$$V_B t - [2(\eta - 1)l - R] = \eta l - R - [(V_A + V_B)t/2]$$

将 $R = \alpha l / (E + 1)$, $V_A = E V_B$ 代入上式, 得:

$$t = 2[(3\eta - 1)(E + 1) - 2\alpha]l / [(E + 1)(E + 3)V_B]$$

由于伸直过程中, 主体部分与瞬时弯曲点之间的速度差为 $[(E - 1)V_B/2]$ 。

$$\therefore \eta' l = \eta l + (E - 1)V_B t/2$$

由此可得:

$$\eta' = \eta + \frac{(E - 1)[(E + 1)(3\eta - 1) - 2\alpha]}{(E + 1)(E + 3)} \quad (11)$$

这里是按 B 在变速点后的情形计算的, 当 B 在变速点前时, 可得同样的结果。

将 $R = \alpha l / (E + 1)$ 及式 (11) 代入条件, $R \leq \eta l/2$, $R \geq (1 - \eta')l/2$ 得:

$$E \geq (2\alpha - \eta) / \eta$$

$$E \leq \frac{(1 - \eta) - \sqrt{\eta^2 - 8\alpha\eta + 4\alpha}}{2\eta - 1} \quad (11')$$

$$E \geq \frac{(1 - \eta) + \sqrt{\eta^2 - 8\alpha\eta + 4\alpha}}{2\eta - 1}$$

3. 当 R' 距前钳口更近, 或后弯钩长度较长, 即 $R \leq (1 - \eta)l/2$ 时, 弯钩中点尚未到达变速点位置 R' , 纤维尾端即已进入前钳口, 使伸直过程提前结束。显然在这种情况下, 伸直延续时间 t 为 $(2\eta - 1)l/V_B$, 可求得:

$$\eta' = \eta + (E - 1)(2\eta - 1)/2 \quad (12)$$

$$\text{此时 } \frac{(1 - \eta) - \sqrt{\eta^2 - 8\alpha\eta + 4\alpha}}{2\eta - 1} \leq E$$

$$\leq \frac{(1 - \eta) + \sqrt{\eta^2 - 8\alpha\eta + 4\alpha}}{2\eta - 1} \quad (12')$$

至此, 已经建立了结果伸直系数与牵伸倍数 E 、罗拉隔距 L 、原始伸直系数 η 之间统

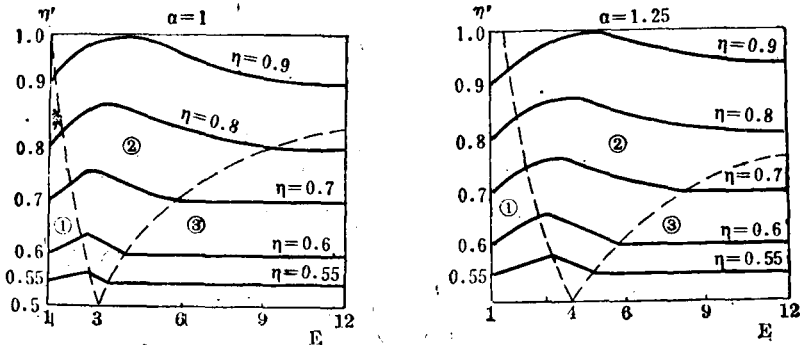


图4 前弯钩纤维伸直效果的函数图形

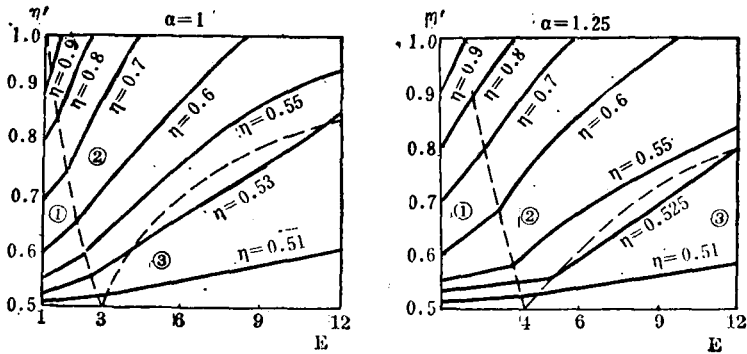


图5 后弯钩纤维伸直效果的函数图形

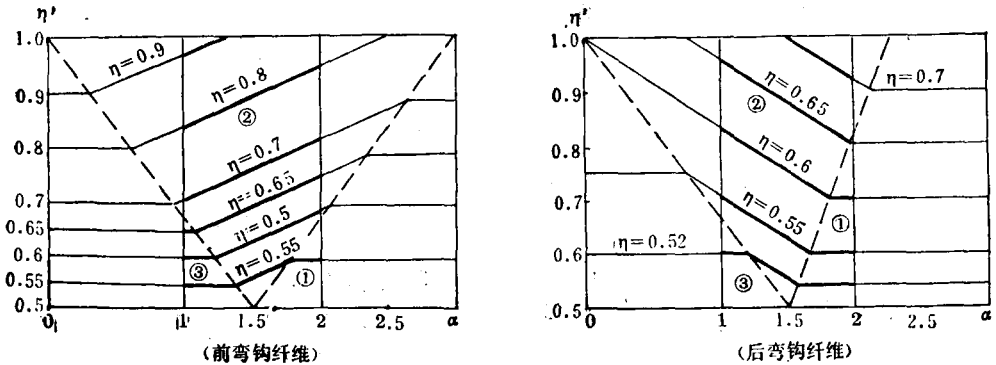


图6 $E=5$ 时, 伸直效果与罗拉隔距关系的函数图形

一的函数关系。显然这个函数关系更接近于生产实际。把 $\alpha=1$ 代入以上公式, 就得到了资料[1]中的全部公式, 从而使资料[1]列举的公式成为本文的一个特例。事实上, 这一“偶合”正是由于资料[1]的作者不适当地将罗拉隔距 L 和纤维主体长度 l 等同起来的疏忽所造成的。众所周知, 这种情况在实际生产中是不存在的。

可见, 罗拉隔距对纤维伸直效果有着不

可忽视的影响。由于 $R=\alpha l/(E+1)$, 这种影响, 实质上是通过改变牵伸区内变速点的位置来实现的。首先, 罗拉隔距不同, 三种不同伸直情况的约束条件就不一样, 三种曲线段的划分区域也有很大的不同。

图4、5是当 $\alpha=1$ 和 $\alpha=1.25$ 时两种弯钩纤维伸直效果的函数图形。从图中可以看出: 随着隔距系数 α 的增大, ①区迅速扩大, ②、③区随之右移。

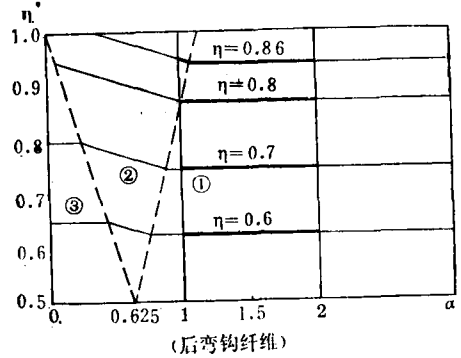
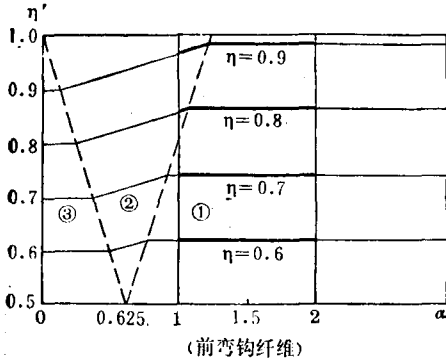


图7 $E=1.5$ 时, 伸直效果与罗拉隔距关系的函数图形

罗拉隔距对纤维伸直效果的影响, 还表现在直接影响前弯钩和后弯钩纤维在第二种情况下的伸直效果。由于这个原因, 同样原始伸直系数的纤维, 同样的牵伸倍数, 如果罗拉隔距不同, 可以有不同的伸直效果。罗拉隔距与结果伸直系数的关系见图6。

三、结 论

通过以上分析, 可以得到以下结论:

1. 对于前弯钩纤维, 在同样的牵伸倍数下, 伸直效果随罗拉隔距的增大而提高。

③区: α 较小, 没有伸直效果;

②区: α 稍大, 伸直效果随罗拉隔距的增大而提高;

①区: α 最大, 伸直效果最好, 但不随罗拉隔距的增大而继续提高。

2. 对于后弯钩纤维, 在同样的牵伸倍数下, 伸直效果随罗拉隔距的增大而降低。

③区: α 较小, 伸直效果最好;

②区: α 稍大, 伸直效果随罗拉隔距的增大而降低;

①区: α 最大, 伸直效果稍差, 但不随罗拉隔距的增大而继续降低。

上述结论对于纺纱生产实际, 有一定的指导意义。根据上述结论, 在制订各工序的工艺隔距时, 在考虑其他因素的同时, 还应考虑喂入品的纤维弯钩方向。单就提高纤维的伸直平行度而言, 在头并和粗纱的主牵伸区, 罗拉隔距适当偏松掌握, 在二并和细纱的

主牵伸区, 罗拉隔距适当偏紧掌握是可取的。必须指出, 当牵伸倍数较小时 (例如 $E=1.5$ 时), ①、②、③区随之左移 (见图7)。由于牵伸区罗拉隔距必须大于纤维品质长度, 所以无论是前弯钩纤维或是后弯钩纤维, ②、③区实际上并不存在。此时, 放大或缩小罗拉隔距对纤维的伸直平行效果不产生影响。

在纺纱工艺中, 确定罗拉隔距, 要考虑牵伸型式、加压状况、原料性能; 要考虑到前后钳口的握持力能与牵伸力相适应, 能满足纤维伸直的力学条件和尽可能地降低牵伸附加不匀等诸因素。仅按照提高纤维伸直平行效果的需要来确定罗拉隔距, 显然是不够全面的。一般地, 在头并和粗纱的主牵伸区适当放大隔距时, 应注意对条干均匀度的影响不要过大。否则, 提高了伸直平行度, 牺牲了条干均匀度, 也是得不偿失的。在二并和细纱的主牵伸区适当减小隔距时, 则应侧重考虑前后钳口的握持力能否与牵伸力相适应。故在减小隔距的时候, 还要考虑适当加重加压, 以保证牵伸过程的正常进行。对于前弯钩纤维, 提高纤维伸直度希望变速点适当移后, 但为减少牵伸附加不匀又希望变速点位置尽量趋前。这是一对矛盾, 给纺纱机械设计和纺纱工艺研究都提出了新的课题。

参 考 资 料

[1] 《纺织技术》, 1963年第6期, “牵伸过程中纤维的伸直平行作用”。
 [2] 《棉纺学》下册, P.40~P.47, 纺织工业出版社, 1981年。