

# 橡胶毯式防缩机理论预缩率分析计算

马 时 中

(纺织部纺织机械工业总公司)

【提要】 本文论述了橡胶毯式防缩机的预缩机理以及推导了织物预缩率的计算公式;分析了影响织物预缩率的橡胶毯厚度、加压辊直径与承压辊直径各参数之间的关系。文章也谈及了各种不同穿布路线下的收缩效果以及欲得到良好预缩率的操作要求和织物的前处理条件。

棉织物的织造和染整加工都是在引伸状态下进行的,不可避免地会在织物内部产生内应力,织物愈紧密,积聚的内应力也愈大,下机之后将会逐步收缩,尤其下水之后,收缩就更大一点;因织物毕竟不是弹性体,不可能在失去外力作用后就立即恢复原来的平衡状态,也不可能经一次下水之后就全部回缩。所以,做成衣服后每经一次洗涤就会收缩一些,这就形成了棉织物的缩水问题。解决这一问题,是当前纺织工业发达的国家所关注的问题。国内外一般都采用机械式防缩设备,它是比较经济而有效的措施,橡胶毯是机械式防缩设备中起预缩作用的关键零件。下面就橡胶毯的预缩能力以及与相关零件的预缩关系从理论上进行分析推导以阐明其数量关系。

防缩机结构示意图见图1,橡胶毯的外圈在加压辊上是处于伸长状态,谓之伸长区域;转移至加压辊与承压辊两中心连线位置,是橡胶毯弯曲的转折点,此时橡胶毯内、中、

外三层都一样,既不伸长也不缩短,谓之零位点;当橡胶毯继续转移至承压辊上,橡胶毯的外圈处于压缩状态,谓之压缩区域。因此,橡胶毯从加压辊上转移至承压辊上时,它的外圈必须经历伸长区域及压缩区域,亦即从伸长区域转移至零位点时,橡胶毯外圈要收缩,又从零位点转移至压缩区域时,橡胶毯外圈又要进一步收缩。这两步收缩作用就形成了贴在橡胶毯外圈上的织物预缩作用。

预缩率理论公式之推导:

设橡胶毯为无帆布衬内圈的均质层,此胶层从伸长区域转移至压缩区域时,尽管曲率发生不同变化,但其中心层保持不变,既不伸长也不缩短,参见图2。在伸长区域,取中心层弧长为 $c'$ ,其对应角为 $\theta'$ ,在橡胶毯内圈与外圈上所对应的弧长分别为 $a'$ 及 $b'$ ;当转移至压缩区域时,中心层弧长为 $c''$ (值不变),对承压辊中心的对应角为 $\theta''$ ,在内圈与外圈上的对应弧长分别为 $a''$ 及 $b''$ 。

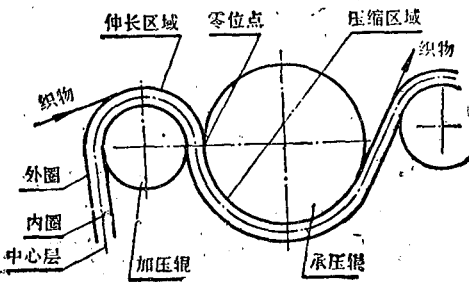


图1 防缩机结构示意图

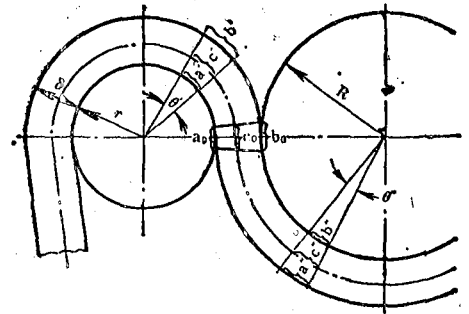


图2 橡胶毯的变形图

因 $c' = c''$ ;  $c' = (d/2 + r)\theta'$ ;  $\theta' = c' / [(d$

$/2) + r]$ ;  $b' = (\delta + r)\theta' = (\delta + r)c' / [(\delta/2) + r]$ ;  $c'' = (\delta/2 + R)\theta''$ ;  $\theta'' = c'' / [(\delta/2) + R]$ ;  $b'' = R\theta'' = Rc'' / [(\delta/2) + R]$ 。

最大的理论预缩量为  $(b' - b'')$ 。

最大的理论总预缩率:

$$\eta = \frac{b' - b''}{b'} = 1 - \left[ 1 - \frac{1}{(2 + 2r/\delta)} \right] \times \left[ \frac{2}{(\delta/R) + 2} \right] \quad (1)$$

式中:  $\delta$  为橡胶毯厚度;  $r$  为加压辊半径 ( $d$  为直径);  $R$  为承压辊半径 ( $D$  为直径)。

由式(1)分析可见,预缩率之大小与橡胶毯厚度、加压辊半径、承压辊半径三者有关,即随着橡胶毯厚度之增加而增大,亦随着加压辊半径与承压辊半径之增大而减小,但不是简单的比例关系而是函数关系。

如前所述,预缩率是由两次收缩所组成,现进一步分别推导这两次收缩率的大小以及在总收缩率中所占的百分率。

### 1. 第一次的收缩率 $\eta_1$

已知零位点的条件为:  $a_0 = c_0 = b_0 = c' = c''$

$$\eta_1 = (b' - b_0) / b' = 1/2[(r/\delta) + 1] \quad (2)$$

### 2. 第二次的收缩率 $\eta_2$

$$\eta_2 = (b_0 - b'') / b' = (d + \delta)\delta / (d + 2\delta)(D + \delta) \quad (3)$$

公式(1)、(2)、(3)表示了无帆布衬内圈的橡胶毯总预缩率与分段收缩率之理论计算公式。

从国内外现有防缩机规格进行具体计算:

### 1. 国外一般所通用的防缩机规格

已知:  $d = 220$ 毫米,  $D = 610$ 毫米,  $\delta_{MAX} = 67$ 毫米

根据公式(1)、(2)及(3):

总预缩率  $\eta = 26.9\%$ ;  $\eta_1 = 18.9\%$ ;  $\eta_2 = 8\%$ 。

此计算结果与国外制造商所介绍的最大的预缩率可达到25%左右是相接近的。在总

预缩率26.9%中,  $\eta_1$ 约占70%,  $\eta_2$ 约占30%。而压缩区域的收缩率往往被实际所采用。当橡胶毯使用后发生老化龟裂,需加以磨削,其厚度逐渐减薄,预缩率亦随之下降,如图3所示。

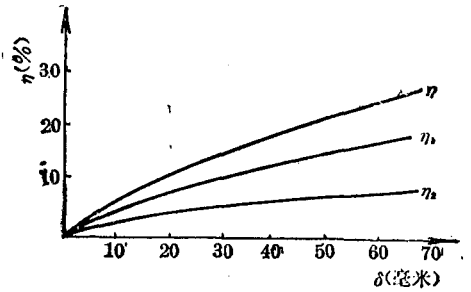


图3 国外防缩机橡胶毯的收缩率变化曲线

### 2. 国产简易式防缩机规格(采用无帆布衬内圈的薄橡胶毯)

已知:  $d = 150$ 毫米,  $D = 300$ 毫米,  $\delta_{MAX} = 25$ 毫米

根据公式(1)、(2)、(3):  $\eta = 19.2\%$ ;  $\eta_1 = 12.5\%$ ;  $\eta_2 = 6.7\%$ 。其中  $\eta_1$ 约占总预缩率的65%,  $\eta_2$ 约占35%,随着橡胶毯变薄,预缩率变化如图4所示。

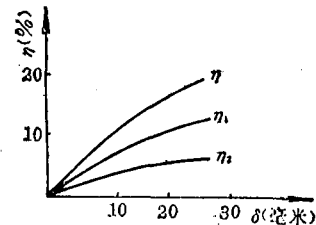


图4 国产简易式防缩机橡胶毯收缩率变化曲线(无帆布型)

以上推导计算均假定橡胶毯为无帆布衬内圈的均质胶层,此种橡胶毯在国外已普遍采用,在国内从八十年代初期方试制成功,已逐步推广。

### 3. 国产简易式防缩机规格(采用有帆布衬内圈的薄橡胶毯)

因有帆布衬内圈,此橡胶毯为非均质胶层,对其运行规律需另作分析。由于帆布层

相对橡胶层来讲其伸长量与压缩量甚小，可略而不计。亦即帆布层在运行中不管其曲率大小及方向变化，均作长度无变化论。因此，有帆布衬内圈的橡胶毯不是根据中径不变的规律运行，而是根据内圈不变的规律运行，此时橡胶毯将发生单侧性伸缩而得出另一种规律，如图5所示。

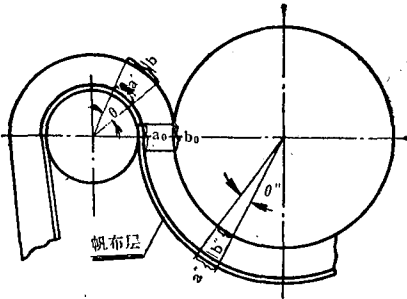


图5 有帆布衬内圈的橡胶毯变形图

$$\begin{aligned} \text{因 } a' &= a'' = r\theta', \theta' = a'/r \\ b' &= (\delta + r)\theta' = (\delta + r)a'/r \\ a''' &= (\delta + R)\theta'', \theta'' = a''' / (\delta + R) \\ b''' &= R\theta'' = Ra''' / (R + \delta) \end{aligned}$$

所以，总预缩率：

$$\begin{aligned} \eta &= (b' - b''') / b' \\ &= 1 - [1 / (1 + \delta / R)] \times [1 / (1 + \delta / r)] \end{aligned} \quad (4)$$

同样，有帆布衬内圈的橡胶毯的总预缩率亦由伸长区域的收缩率 $\eta_1$ 与压缩区域的收缩率 $\eta_2$ 两部分所组成。此时，零位点的条件为：

$$\begin{aligned} a_0 &= b_0 = a' = a'' \\ \eta_1 &= (b' - b_0) / b' = \delta / (\delta + r) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\eta_2 = (b_0 - b''') / b' = 1 / [(R / \delta) + 1] [(\delta / r) + 1] \quad (6)$$

根据公式(4)、(5)、(6)来计算国内有帆布衬内圈的简易式防缩机的总预缩率 $\eta$ 与分段的收缩率 $\eta_1$ 、 $\eta_2$ 。

已知： $d=150$ 毫米， $D=300$ 毫米， $\delta_{MAX}=25$ 毫米。

则 $\eta=35.7\%$ ； $\eta_1=25\%$ ； $\eta_2=10.7\%$ 。

通过计算表明，有帆布衬内圈的薄型橡

胶毯由于以内圈为不变的规律运行，使橡胶毯发生单侧性伸长与压缩，其变化曲线甚为急剧如图6所示。因而有些用户使用这种穿布路线，全部利用其伸长区域和压缩区域的两次收缩能力，则其收缩量将大大超过织物本身的收缩能力，因而会发生织物起绉等现象。为此，实际使用国产简易式防缩机时，其穿布路线改成图7所示的形式，即越过伸长区域仅利用压缩区域的收缩率，其推导演算如下节介绍。

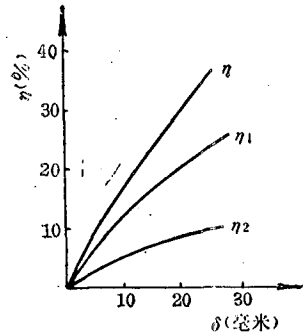


图6 有帆布衬内圈的橡胶毯收缩率变化曲线

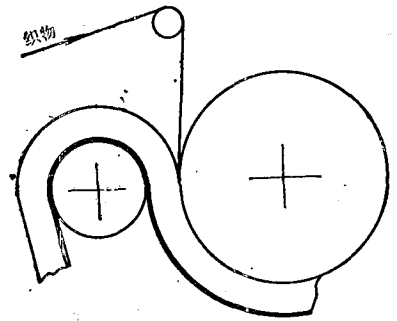


图7 国产简易式防缩机越过伸长区域的穿布路线

4. 国产简易式防缩机规格(有帆布衬橡胶毯内圈，仅利用压缩区域的收缩率)

已知： $a' = a_0 = a'' = b_0$ 。

其预缩率 $\eta_0 = (b_0 - b''') / b_0$

因为， $a''' = (\delta + R)\theta''$ ；

$b''' = R\theta''$

$= Ra''' / (\delta + R)$ 。

所以， $\eta_0 = 1 - b''' / b_0$

$= \delta / (\delta + R) = 14\%$

此预缩率变化曲线如图8所示。

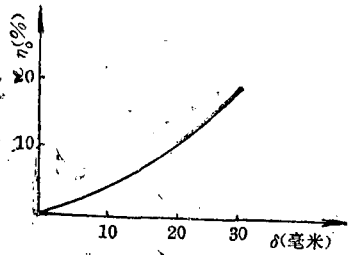


图8 穿布越过伸长区域有帆布衬内圈橡胶毯收缩率变化曲线

但需指出，如果要有效地利用加压辊上伸长区域的收缩率，还必须增加握持措施，使织物在无张力下随着橡胶毯表面同步移动。实际上，目前国内外的防缩机均无此种握持措施，亦即仅利用压缩区域的预缩能力为主，如计算所示，国内外设备在压缩区域的预缩率均接近10%左右，此与工厂中的生产实际情况甚为吻合。但也发生过有些工厂操作甚为注意保证织物在加压辊上，在松弛状态下同步前进，充分利用伸长区域的预缩能力，则也可能得到较大的预缩率，甚至引起织物起绉。这就导致了第4种的穿布路线（即越过伸长区域）。

至于织物在橡胶毯内能否随着橡胶毯的收缩而得到预缩，还有赖于根据不同结构的织物及其前处理是否得到足够的湿度，使织物内部保持良好的可塑性，以及是否能将在橡胶毯内得到的预缩量经过合适的定型措施加以巩固，且各单元之间的拖动必须保证织物在松弛状态下进行，方能使织物的落布预缩率达到理想程度。

同时，通过计算分析发现，有帆布衬内圈的橡胶毯由于单侧性的过份拉伸与压缩，变形量过大，容易疲劳破坏，这也是过去国产橡胶毯使用寿命较短的原因之一。所以，

橡胶毯的制造工艺要加以革新，取消帆布层，使内外层成为均质层的弹性体，在弯曲变形时，二侧交替地伸长与压缩，既可达到预缩作用，又可减少变形量，防止过早疲劳破坏。

今后为了进一步完善防缩设备，在改造简易式防缩机的基础上，对防缩机中起预缩作用的有关零件作适当改进，使之适应中等厚度 ( $\delta_{MAX}=50$ 毫米) 无帆布衬内圈的橡胶毯，适当增大承压辊和加压辊的直径，以改善防缩效果。

#### 5. 建议老机改造的机械规格

$d=180$  毫米,  $D=400$  毫米,  $\delta_{MAX}=50$  毫米。

根据公式(1)、(2)、(3)计算,分别得到:  
 $\eta=27\%$ ;  $\eta_1=18\%$ ;  $\eta_2=9\%$ 。此收缩率变化曲线如图9所示,变化趋势比较缓和,与国外设备的收缩率变化情况相似。

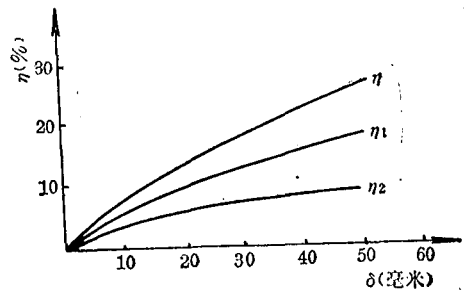


图9 老机改造建议规格得到的收缩率变化曲线

通过本计算分析，揭示了防缩机内起预缩作用的机理与有关零部件尺寸影响预缩率大小的数量性概念，不同的穿布路线产生不同的预缩效果。不仅对设计试制防缩机构有指导作用，对广大用户在使用防缩机时根据不同的织物要求合理改变防缩机的条件以达到预定的防缩效果。